

المملكة العربية السعودية

وزارة التعليم العـــالي

جـــامعة أم القـــرى

كليـــــة التربيـــــة

قســم التربيــة الفنيــة

تقنيات سباكة المعادن والاستفادة من معطياتها في تنفيذ المشغولة المعدنية

متطلب تكميلي للحصول على درجة الماجستير في التربية الفنية

مقدمة من الباحثة

غادة غازي تاج جان

إشراف

د.محمد أحمد هلال

الأستاذ المشارك بقسم التربية الفنية _كلية التربية جامعة أم القرى

لعام 1427هـ _ 2006م


بسم الله الرحمن الرحیم



المملكة العربية السـعودية

وزارة التعليـم العــالي

جــامـعة أم القـرى

كليــة التـربيـة

قسم التربية الفنية

....

نموذج رقم (8)

اجازة أطروحة علمية في صيغتها النهائية

بعد اجراء التعديلات المطلوبة

....

الاسم رباعي : غادة غازي تاج جان الكلية : التربية القسم : تربية فنية

الأطروحة مقدمة لنيل درجة الماجستير التخصص : تربية فنية

عنوان الأطروحة : تقنيات سباكة المعادن والاستفادة من معطياتها في تنفيذ المشغولة المعدنية

....

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف المرسلين وعلى آله وصحبة أجمعين وبعد ....

فبناء على توصية اللجنة المكونة لمنافشة الأطروحة المذكورة عاليه والتي تمــت مناقــشتها بتاريخ : 26 / 8 / 1427هـ بقبول الأطروحة بعد اجراء التعديلات المطلوبة حيث قد تم عمل اللازم .

فان اللجنة توصي باجازة الأطروحة في صيغتها النهائية المرفقة كمتطلب تكميلي للدرجــة العلمية المذكورة أعلاه ،، والله الموفق ،،،، .

أعضاء اللجنة

المـــشرف	منـــافش داخلـــي	منـــافش خـــارجي
الأسم : د.محمد أحمد هلال	د. أحمد رملي فيرق	د. أميرة عبد الرحمن منير الدين
التوقيع :	التوقيع :	التوقيع :

يعتمد رئيس قسم التربية الفنية

د. أحمد رملي فيرق

ملخص الرسالة

عنوان البحث : تقنيات سباكة المعادن والاستفادة من معطياتها في تنفيذ المشغولة المعدنية .

اسم الباحثة : غادة غازي تاج جان .

أهم أهداف البحث :

1- التعرف على مراحل تطور سباكة المعادن على مر العصور ، والوقوف على التقنيات المتبعة في سباكة المعادن .

2- التعرف على الأساليب التنفيذية والتقنيات المتبعة في معالجة سطح المسبوكات التي يمكن من خلالها الحصول على مجسمات ومشغولات معدنية جيدة الإخراج .

3- التعرف على طرق الاستفادة من تقنيات السباكة في إثراء الجانب العلمي والعملي عن طريق تنفيذ المشغولات المعدنية بطريقة مبتكرة ، والتعرف على المزايا التي يمكن تحقيقها من خلال إتباع تقنيات السباكة .

منهج البحث : استخدمت الباحثة المنهج **الوصفي التحليلي** في عرض المعلومات التي تختص بالجانب النظري . كما استخدمت **المنهج شبة التجريبي** للتأكد من فروض ومتغيرات البحث .

أهم نتائج البحث :

1- سباكة الشمع المفقود أكثر دقة في إظهار التفاصيل الصغيرة والدقيقة من تقنية سباكة الرمل .

2- الفهم والإدراك الدقيق لسير عملية تقنيات السباكة تسهل على الفنان استخدامه لها ، كما تفتح له مجالات جديدة للتعبير الفني والتشكيلي ، واختلاف تطبيق المعالجات على سطح العمل المسبوك الواحد رؤية جديدة ومختلفة للعمل نفسه .

3- تحقق تقنيات السباكة (الرمل والشمع المفقود) مزايا فنية متعددة غير متاحة في أساليب التشكيل الأخرى .

4- ينتج عن عملية الصقل الشديدة سطح شديد النعومة واللمعان كمرآة تعكس الأشياء المحيطة من حولها .

أهم التوصيات : توصي الباحثة بـ :

1- الاهتمام بالسباكة الفنية وخاصةً سباكة الشمع المفقود .

2- أن يتضمن قسم التربية الفنية ورشة أو معمل تتوفر بها مستلزمات هذا المجال و يئتها للعمل والتطبيق الفني من قبل الطالبات .

3- أن تتضمن الدراسات المستقبلية البحث في عملية التلوين " البتين " الكيميائي ، وتقنية الطـرد المركـزي وخاصةً في مجال الحلي ، وتقنية التشكيل بالترسيب الكهربائي .

Abstract

Research title : techniques artifacts and utilization of minerals in the implementation own mineral Filled .

Researcher Name : Ghada Ghazi Taajh Jean .

The most important objectives of the research :

1- Identifying of stages in the evolution of metal fixtures over the centuries to recognize techniques used in artifacts metals .

2- Identifying operational methods and techniques used in the treatment of surface castings by which they can obtain, well Producible metal works.

3- Identifying ways to take advantage of the artifacts techniques to enrich the scientific and practical implementation through metal crafts in an innovative way and identifying the advantages that can be achieved through techniques artifacts .

Researcher descriptive : Curriculum research descriptive of the researcher used in the presentation of analytical information which specializes in the theoretical side. The method used to ensure paramilitary experimental assumptions and variables research .

The most important research results :

1- Casting lost wax technique is more accurate to show the small, precise detail of the technical artifacts sand .

2- Understanding and perception of the conduct of the artifacts techniques facilitate and help the artist, as to use there it opens new avenues of artistic expression and sculpture, and the application of different treatments on the surface of the cast to see a new and different work itself .

3- Artifacts techniques (sand, lost wax) achieves several technical advantages not available in the configuration of other methods .

4- The process of refinement of the surface produces very strong and smoothest shine, where it seems the mirror reflecting the surrounding things around .

Recommendation : The most important recommendations are as follows :

1- Artistic artifacts, especially because most of the lost wax .

2- The Department of technical Education slued include workshop or hob which has available points sedated to this area and pupae it for work and technical application lay students

3- The Future studies should research in the colors Albtin chemical composition and electrical sedimentation .

الإهداء

أخط بريشة من قلبي إهداء جهدي المتواضع . . . .

إلى من سَعَتْ جهدها لمساعدتي . . إلى من صبرت لترى نجاحي . . إلى أغلى حبيبة في الوجود إلى أمي الصدر الحنون . . . رعاها الله

إلى شمعة حياتي الذي أضاء أمله طريقي . . وفجر طاقتي . . إلى من حلم دوماً بتفوقي وارتقائي . . إلى أبي الحبيب . . . أدامه الله

إلى من أحبوني دائماً بقلب صادق حنون . . إلى من لم يبخلوا علي بوقتهم وجهدهم من أجل مساعدتي . . إلى إخواني الأعزاء . . رامي . . ورأفت . . . وفقهم الله

إلى كل أحبتي . . وأهلي . . ومن له حق قرابتي . . إلى أساتذتي الكرام . . إلى قسم التربية الفنية . . إلى صديقاتي . . إلى كل محب للعلم والفن . . إلى كل من تصفح أوراق هذا البحث . . . .

. . . إليكم جميعاً أهدي خلاصة جهدي المتواضع . . .

الباحثة

غادة غازي جان

الشكر والتقدير

قال تعالى : {ولئن شكرتم لأزيدنكم}

بسم الله الرحمن الرحيم والصلاة والسلام على خير خلق الله أجمعين سيدنا ونبينا محمد ﷺ . . . أول شكري لخالق الخلق أجمعين وصاحب الفضل العميم الذي رزقني العلم . . وقدر بوجود هذا الصرح العظيم .

يسرني بعد انتهائي من هذا العمل المتواضع أن أتقدم بجزيل شكري ، وعظيم امتناني إلى سعادة أستاذي الفاضل الدكتور / محمد أحمد هلال . . على تفضله بالإشراف على هذا البحث وعلى سعة صدره . . وسمو أخلاقة . . وعلمه ومعرفته الواسعة بمجال هذا البحث . . وفكره الصائب المستنير . . فله الأثر الأكبر في مساعدتي وتوجيهي وإرشادي وتزويدي بالمراجع المتخصصة للارتقاء بمعلومات هذا البحث . . فله مني خالص شكري وتقديري ودعائي . . . جعل الله له ذلك في موازين حسناته إن شاء الله .

كما أتقدم بخالص الشكر لحضرات الأساتذة أعضاء لجنة التحكيم والمناقشة سعادة الأستاذ المشارك بقسم التربية الفنية الدكتور / أحمد رملي فيرق . . وسعادة الأستاذ المساعد بقسم التربية الفنية الدكتورة / أميرة عبد الرحمن منير الدين . . لتفضلهم بقبول مناقشة هذه الرسالة وتقييمها . . والشكر موصول لسعادة الأستاذ المشارك بكلية اللغة العربية _ قسم النحو والصرف الدكتور / صالح جمال بدوي . . وسعادة الأستاذ المشارك بقسم النحو والصرف الدكتورة / خديجة أحمد مفتي . . لتكرمهم بقراءة جميع فصول البحث وتنقيحها لغوياً ونحوياً . . كما أتقدم بالشكر لسعادة الأستاذ المشارك بكلية التربية _ قسم المناهج وطرق التدريس الدكتور / أحمد عبد الله السقاف على تكفله بتصحيح ملخص الرسالة باللغة الإنجليزية . . تأكيداً على أن يصل هذا البحث إليكم بالصورة التي ترونها عليه . . فجزاهم الله عني خير الجزاء .

كما أتقدم بأعمق شكري وتقديري لأسرتي الكريمة التي يعجز قلمي عن شكرهم لمساعدتي وتعاونهم معي وتشجيعهم ودعائهم لي دائماً بالتوفيق والنجاح .

كما لا يفوتني أن أشكر كل من تفوه لي بكلمة أفادتني في هذا البحث . . وإلى كل من تمنى لي التوفيق بصدق إحساسه . . وإلى كل من دعا لي المولى عز وجل بالتوفيق . . . فجزاهم الله جميعاً خير الجزاء .

الباحثة

غادة غازي جان

فهرس الموضوعات

فهرس الأشكال

الفصل الأول

(خطة البحث)

- مقدمة البحث
- مشكلة البحث
- تساؤلات البحث
- أهداف البحث
- أهمية البحث
- مسلمات البحث
- فروض البحث
- حدود البحث
- منهج البحث
- مصطلحات البحث

• **مقدمة البحث** :

تعد المعادن من أكثر العناصر أهمية ووفرة في الطبيعة ، إذ إن وجودها في حياة الإنسان لـه تـأثير واضح في بناء حضارته على مر العصور ، وتحقيق مطالبه الأولية . ويؤكـد الـسيد (2001م) أن إمكانيا ا المتعددة أتاحت للإنسان تحقيق الكثير من المنجزات ، بدءاً من الأدوات المعدنية البـسيطة إلى المركبات القوية وأسلحة الحرب الفتاكة .

واستغلال الإنسان لتلك الثروات المعدنية حجر الأساس للتقدم العلمي والتكنولـوجي والـصناعي والفني . واتفق حلمي (1961م) مع ما ذكره الباحثون من أن اكتشاف المعادن يعتبر بداية ثـورة في تاريخ تطور فكر الإنسانية ، قفزت به من عصر استخدام الأحجار إلى عصر استخدام واستغلال المعادن وتم ذلك الاكتشاف العظيم تدريجياً لينقله من العصر الحجري إلى العصر الحجري الحديث – الـذي تم اكتشاف أول المعادن فيه وهو الذهب – ثم إلى عصر النحاس ، والعصر البرونزي ، ثم انتقل للعـصر الحديدي وعصر الفحم ، وعصر البترول وعصر اليورانيوم --- إلخ .

وبتقدم الزمن توالت اكتشافات واختراعات الإنسان التي نتجت عن فهمه وإدراكه لخصائص المعادن المختلفة لتطويعها بما يتلائم مع كافة احتياجاته ، حيث ذكر سعد (1980م) أن تطور الفكر البشري أدى إلى إدراك العلاقة بين المعادن والنار فتوصل إلى درجة واضحة من حيث الإستنتاجية وأدرك أنـه بفعل الحرارة الشديدة الناتجة عن اللهب يتمكن من صهر ودمج المعادن مع بعضها البعض (ويطلق على تلك المعادن سبائك) ، حيث يتم صبها في قوالب لتشكيل تلك المعادن ، والاستفادة منـها في مجـال التشكيل الفني أو الهندسي أو الصناعي .

كما يعد اليوم تشكيل السبائك جزءاً لا يتجزأ من الاقتصاد العالمي ، حيث إ ا أساس لكـثير مـن الصناعات المختلفة ، الأمر الذي أدى إلى تطور السبائك وتحسين خواصها ، لاسـتخدامها في كافـة ا الات ، كما جاء ذلك التطور في سباكة المعادن بثورة لا تخفى بمجال الفنون ، فكان ولا يزال ذلك الاكتشاف العظيم محققاً لمطالب الفنان التشكيلي لما فيه من مميزات وخصائص استحوذت على اهتمـام الفنانين منذ بداية التاريخ , وشهد العصر الحديث تطورات ابرزت كفاءة الإنـسان في التعامـل مـع عمليات تشكيل تلك المعادن بطرق ووسائل وتقنيات متعددة أظهر فيها مهاراته في تشكيل المعادن .

ويتناول موضوع البحث إحدى تلك التقنيات المستخدمة في تشكيل المعادن ، وهي تقنية السباكة بما تشمله من دراسات متخصصة في سباكة المعادن ، وأنواعها ، والمشكلات التي تواجه عمليات صـب المعادن ، وأفضل طرق تجنبها ، وأوجه التقدم التكنولوجي في مجال صب المعادن . ولاستيفاء جوانـب البحث المقدم فقد اشتمل على عرض موجز تفسيري عن تلك المعادن وأهم خصائـصها ، والـسبائك المعدنية الناتجة عن خلطها ، ثم تحديد أهم الخامات المستخدمة في عمليات السباكة والصب التي يجـب توافرها ، وطرق السباكة ، ومعالجة السطوح سواءً بالتنظيف أو التلوين أو التلميع والصقل أو الحفر أو الطلاء ، وكيفية الاستفادة من تلك المعطيات في تنفيذ المشغولة المعدنية في مجال التربية الفنيـة . وقـد اختارت الباحثة هذا الموضوع لما لا حظته من مميزات وتقنيات متعددة يتيحها هذا النوع من التـشكيل للمعدن ، مما يثري تنفيذ العمل الفني المجسم (المشغولة المعدنية) ، ومن خلال الوقوف على تقنيـات وأساليب سباكة المعدن ، والتي تم التعرف عليها من خلال مقرر أشغال المعادن (575) واستكمل في (676) ، رأت الباحثة أن يكون هذا مجال دراستها وتطبيق وإنتاج أعمال تشكيلية مجسمة تعتمد على تقنيات السباكة ، خاصة وأن مجال التربية الفنية يحتاج إلى دراسة تطبيقية متخصصة في مجـال سـباكة المعادن ، تأسيساً على أن الخطة الدراسية المطورة للقسم تتضمن مقرر أشغال المعادن للطالبات حيـث يتناول محتواه في المستوى (272) التعرف على طرق وأساليب وأنواع سباكة المعـدن ، لـذا رأت الباحثة أهمية تناول هذا الموضوع بالدراسة .

- **مشكلة البحث** :

تتحدد مشكلة البحث في **السؤال الرئيس التالي :**

(ما هي تقنيات سباكة المعادن ، وكيف يمكن الاستفادة من معطياتها في تنفيذ المشغولة المعدنيـة ومـا مدى إمكانياتها لتطبيق متغيرات متعددة على سطحها) ؟

- **تساؤلات البحث** :

لكي تتم الإجابة على السؤال الرئيس يجب **التطرق للتساؤلات التالية :**

1- ما هي المعادن وخواصها الطبيعية وأنواعها وما تاريخ أكتشافها ؟

2- ماذا يقصد بالسبائك المعدنية وما هي خصائص ومعايير إختيارها ؟

3- كيف تطورت مراحل سباكة المعادن على مر العصور ، وماهي التقنيات المتاحة لسباكة المعادن ؟

4- ما هي الخصائص والمميزات لكلٍ من تقنية سباكة الرمل وتقنية سباكة الشمع المفقود ، وما هـي الطرق والخطوات المتبعة في عملية سباكة نموذج برونزي باستخدام إحدى تلك التقنيتين ؟

5- ما هي الأمور التي يجب مراعاتها عند تصميم المسبوكات ؟

6- كيف يمكن الاستفادة من التقنيات المتبعة في معالجة سطح المسبوكات للحصول علـى مجـسمات ومشغولات معدنية جيدة الإخراج ؟

7- ما هي المزايا التي يمكن تحقيقها من خلال اتباع تقنيات السباكة ؟

- **أهداف البحث** :

يستهدف البحث مايلي :

1- التعرف على مفهوم المعادن وخواصها الطبيعية وأنواعها وتاريخ أكتشافها .

2- التعرف على السبائك المعدنية وخصائص ومعايير إختيارها .

3- التعرف على تطورات مراحل سباكة المعادن على مر العصور .

4- الوقوف على التقنيات المتبعة في سباكة المعادن (أنواع السباكة) .

5- التعرف على الأمور التي يجب مراعاتها عند تصميم المسبوكات .

6- التعرف على الأساليب التنفيذية والتقنيات المتبعة في معالجة سطح المسبوكات ، التي يمكـن مـن خلالها الحصول على مجسمات ومشغولات معدنية جيدة الإخراج .
7- إثراء الجانب العلمي والعملي عن طريق تنفيذ المشغولات المعدنية بطريقة مبتكرة .
8- الوقوف على مزايا السبائك بأنواعها من حيث التنوع الكمي ، وإمكانية تلوين السطح ، والتعرف على القيم الفنية التي تحققها تقنية الصب .

- **أهمية البحث :**

تكمن أهمية البحث في التالي :

1- إلقاء الضوء على المعادن وما يرتبط ا من أنواع وخصائص .
2- التعرف على إمكانيات السباكة في تنفيذ المشغولات المعدنية .
3- يسهم هذا البحث في إثراء العملية التعليمية في مقرر أشغال المعادن بقسم التربية الفنية من خـلال تطبيق تقنية ذات معطيات جديدة في تنفيذ المشغولة المعدنية سواءً في التشكيل المسطح (البارز والغائر) أو ا سم .
4- إضافة جديدة لدراسات قسم التربية الفنية .

- **مسلمات البحث :**

1- الحرارة الشديدة تصهر المعادن .
2- ناتج خلط معدنين مختلفين يكون سبائك ذات خواص جديدة ومميزة تفوق خواص كلا المعدنين .
3- العوامل الجوية الطبيعية تأكسد المعادن .

- **فروض البحث :**

1- فهم وإدراك الفنان لتقنيات السباكة تسهل عملية استخدامه لها وتزيد من فعاليته الإنتاجية ، بتفتيح مجالات جديدة للتعبير الفني والتشكيلي .

2- استخدام تقنيات سباكة (الرمل والشمع) تحقق مزايا متعددة للقيم التشكيلية الفنية قد لا تتوفر في غيرها من أساليب التشكيل الفني .
3- باستخدام المعالجات السطحية المختلفة نحصل على حلول جديدة لسطح الأعمال البرونزيـة ذات قيمة فنية وجمالية ونفعية .

- **حدود البحث** :

يتحدد البحث في **الحدود التالية :**

1- إختيار [الحضارة المصرية القديمة ، والحضارة الأغريقية (اليونان) ، والحضارة الرومانية (إيطاليا) وحضارة الشرق الأقصى (الصين) ، وحضارة غرب إفريقيا (إف وبنين) ، والحـضارة الأسـلامية وسباكة البرونز في عصر النهضة] في تأصيل عملية السباكة عبر العصور .
2- استخدام تقنيتين من تقنيات السباكة وهما (سباكة الرمل ، وسباكة الشمع المفقود) .
3- استخدام خامة الخشب M.D.F وخامة الجبس لتنفيذ نماذج الأعمال المسبوكة بتقنيـة سـباكة الرمل ، واستخدام خامة الشمع لتنفيذ نماذج الأعمال المسبوكة بتقنية سباكة الشمع المفقود .
4- استخدام سبيكة البرونز والألومنيوم والنيكل في سباكة الأعمال المنفذة بتقنيـات سـباكة الرمـل واستخدام البرونزفقط في سباكة الأعمال المنفذة بتقنية سباكة الشمع المفقود .
5- تحليل مجموعة من الأعمال المنفذة بتقنيات سباكة الرمل والشمع المفقود لبعض الفنانين الأجانـب وهم (برانكوزي ، هنري مور ، جياكوميتي ، باولوزي ، سيزار ، بومودورو) والعرب وهم (سامي محمد ، ضياء عزيز ضياء ، حامد جبريل سعد ، جواد سليم) في العصر الحديث من القرن التاسع عشر إلى القرن العشرين .
6- زمن تطبيق التجربة (في الفصل الدراسي الأول والثاني لعام 1426هـ _ 1427هـ) .
7- مكان تطبيق التجربة (سبكة أعمال تجارب البحث في مـسابك متخصـصة بـسباكة الرمـل ومسابك آخرى مختصة بسباكة الشمع المفقود) .
8- استخدم لمعالجة أسطح الأعمال المسبوكة (التنظيف والتلميع والصقل والتلوين الكيميائي والطلاء بالترسيب الكهربائي والحفر بحمض النيتريك والطرق) .
9- يستند البحث في شقيه النظري والتطبيقي على المنهج الوصفي التحليلي ، والمنهج شبه التجريبي .

- **منهج البحث :**

استخدمت الباحثة المنهج **الوصفي التحليلي** ، وهو من المناهج المهمـة في الدراسـات المتعلقـة بالجوانب الإنسانية ، حيث إعتمدت الباحثة على هذا المنهج في جمع المعلومات التي تخـتص بالجانـب النظري للتعرف على كل ما يختص بتقنيتي سباكة الرمل والشمع المفقود إبتداءً من تتبع مراحل تطـور تلك التقنيتين عبر العصور ، ثم التعرف على أساسيا ا كتقنية تستخدم في مجال التشكيل والتعبير الفـني كما تم خلالها التعرف على الإجراءات اللازمة لإ اء العمل المسبوك . ثم تم تحليل مجموعة أعمال لفنانين عرب وأجانب ، فاختارت الباحثة لكل فنان منهم عملين مما تكون قد تمت سباكته بإتبـاع احـدى التقنيتين السابق ذكرهما ، وذلك للتعرف على مدى إمكانيات الخامة البرونزية المطبقة عليها تلك التقنية إضافةً إلى إسهامها في وضع تصور لنماذج تختص بالمرحلة التطبيقية لهذا البحث .

كما استخدمت الباحثة المنهج **شبه التجريبي** للتأكد من الإمكانيات الفنية للخامة البرونزية التي قد لاتتوافر مع تقنية أو خامة غيرها ، حيث تمكنت من ضبط متغيرات الدراسة وهي **متغير مستقل** (تقنية سباكة الرمل ، والشمع المفقود ، وخامة الخشب M.D.F ، والجبس ، والشمع ، وسـبيكة البرونـز والألومنيوم ، والنيكل) ، **ومتغير تابع** وهي معالجات السطح (الملمس ، اللون ، التلميـع والـصقل الطلاء ، الحفر بالأحماض ، الطرق) . غير أنه يصعب توحيد ظروف التجربة من حيث زمـن إجـراء وتنفيذ العمل الواحد ، ومكان السباكة ، لذلك أختارت الباحثة المنهج شبة التجريبي ليكون المنهج المتبع في هذا البحث .

ثوابت البحث / تقنية سباكة الرمل ، وتقنية سباكة الشمع المفقـود ، وخامـة الخـشب M.D.F والجبس ، والشمع ، وسبيكة البرونز ، والألومنيوم ، والنيكل .

متغيرات البحث / الملمس ، اللون ، التلميع والصقل ، الترسيب الكهربائي ، الحفر بالأحماض ، الطرق على سطح المعدن .

وقد قامت الباحثة بتنفيذ نماذج تلك التجارب سواءً كانت من الشمع (في تقنية سـباكة الـشمع المفقود) ، أو الخشب أو الجبس (في تقنية سباكة الرمل) بنفسها ، إضـافةً إلى تطبيـق المعالجـات _ المتغيرات _ السطحية عليها بعد سباكتها ، أما عملية سباكتها (صب المعدن) فقـد اجريـت في مسابك متخصصة لتلك العملية .

- **مصطلحات البحث** :

المفاهيم والمصطلحات المستخدمة في البحث :

علم المعادن :

عرفه حلمي (1961م) **:**

" بأنه العلم الذي يختص بدراسة المعادن ، تلك المواد المتجانسة غـير العـضوية الـتي توجـد في الطبيعة " (صـ 8) .

وعرف محمد الفقي (1994م) **علم المعادن :**

" بالعلم الذي يختص بدراسة المعادن الموجودة في الأرض أو على الكواكب والتوابع الأخرى دراسة علمية " (صـ 49) .

التعريف الإجرائي :

تعرف الباحثة علم المعادن إجرائياً بأنه ذلك العلم الذي يختص بدراسة طرق تكّون المعادن في الطبيعة وخصائصها ومميزا ا وطبيعة تكو ا ووجودها وتصنيعها وفوائدها .

المعادن :

يعرفها العمري (2001م) بأ ا **:**

" عبارة عن عناصر أو مركبات كيميائية ثابتة تتكون في الطبيعة وهي مواد غير عضوية ، ولها شكل بلوري معين . وكذلك لها تركيب كيميائي وصفات فيزيائية ثابتة " (صـ 18) .

وأما حلمي (1961م) **فيعرفهابقوله :**

" المعدن هو مادة صلبه متجانسة تكونت بفعل عوامل طبيعية غير عضوية وله تركيـب كيميـائي محدود ونظام بلوري مميز " (صـ 12) .

التعريف الإجرائي :

تعرف الباحثة المعادن إجرائياً بأ ا تلك العناصر الموجودة أصلاً في الطبيعة (كالحديـد والنحـاس والقصدير والذهب والفضة ......) والتي لكلٍ منها مواصفات خاصة ا (الفيزيائيـة والكيميائيـة

والحرارية والميكانيكية ......) ويمكن تحسين خواصه بخلط مركبين أو أكثر مع بعـضها الـبعض في صورة سبائكية .

السبيكة :

عرفت في **معجم التكنولوجيا المجلد الثامن** (1983م) **بأنها :**

" عبارة عن مادة تتألف من عنصرين أو أكثر مع اشتراط أن يكون من بين هذه العناصر فلزاً واحداً على الأقل " (صـ 1321) .

وعرفت في **المعاجم التكنولوجية التخصصية " معجم مصطلحات الحديد والصلب "** (د . ت) **:**

" مادة لها خواص معدنية ، وتتألف من عنصرين أو أكثر ، أحدها على الأقـل يجـب أن يكـون فلزاً " (صـ 107) .

وكما ورد تعريف السبيكة في **" معجم المصطلحات التكنولوجية الأساسية "** (د . ت) **بأنها :**

" مادة تتكون من عنصرين أو أكثر يكون أحدها على الأقل فلزاً . ويمكن تقوية معظـم الفلـزات النقية بإضافة نسب صغيرة من فلزات أو لا فلزات أخرى إليها " (صـ 113) .

وعرفها الدهشان (ب) (1997م) بأنها **:**

" خلط أكثر من عنصر تم صهرها معاً ، وينتج عن ذلك خصائص عديدة متفوقة على خواص كلا العنصرين " (صـ 30) .

التعريف الإجرائي :

تعرفها الباحثة بأنها عبارة عن أكثر من مركب يتم خلطها معاً بالصهر بهدف الحصول على مركب جديد يفوق من حيث خصائصه على خصائص المركبات التي أضيفت .

أو هي عبارة عن المعادن التي يتم صهرها معاً بهدف تحسين خواصها الميكانيكية أو الكيميائية .

سباكة المعادن :

عرفها عبد الواحد (1967م) **بأنها :**

" عملية تشكيل جسم معدني بصهر المعدن وصبه في قالب ، فيأخذ المعدن شـكل القالـب بعـد تجمده ، وعلى ذلك فإن شكل الجسم المصبوب يتحدد بشكل تجويف القالب " (ص ـ 25) .

وفي **تعريف آخر للشيخ** (2000م) **:**

" هي عملية تشكيل جسم معدني أو غير معدني وذلك بصهره وصبة في قوالب ، يـراد تـشكيل الجسم فيها وتركه حتى يبرد فيأخذ بعد تجمده شكل القالب . ويراعى في المواد التي تشكل بهذه الطريقة أن تكون سهلة الانصهار وذات شد سطحي ضئيل ، على أن تحتفظ بخواصها الطبيعية والميكانيكية بعد تجمدها " (ص ـ 93) .

كماعرف بتراك (د . ت) **سباكة المعادن بأنها :**

" تشكيل المعادن وهي في حالة السيولة " (ص ـ 17) .

وعرفها الخطيب (د . ت) **بأنها :**

" عملية تشكيل المعادن المنصهرة باستخدام خاصية السيولة " (ص ـ 63) .

التعريف الإجرائي :

تخلص الباحثة إلى تعريف سباكة المعادن بأنها عبارة عن تشكيل المعدن بصهره وصـبة في قوالـب خاصة تم تشكيلها من قبل ، فيأخذ المعدن شكل القالب بعد تجمده ، وعلى ذلك فإن شـكل الجـسم المصبوب يتحدد بشكل تجويف القالب .

تقنيات :

قال تعالى : { صنع الله الذي أتقن كل شيء } **آية (88)**

" أي أوثق صنعه وأحكمه ، والصنع مصدر صنع الشيء يـصنعه صـنعاً " (الجزائـري ، 1997م ص ـ 47) .

كما ورد معناها في **معجم لسان العرب لأبـن منظـور الطبعـة الرابعـة الجـزء الـسادس عشر** (د . ت) **:**

" رجل تقَن وتقن متقن للأشياء حاذق .... وتقن اسم رجل كان يجيد الرمي يضرب به المثل ولم يكن يسقط له سهم . وتأتي أيضاً : بمعنى أتقن الشيء من أحكمة . ومنه يقال : أتقن فلان عملـه إذا أحكمه " (ص ـ 221) .

وعرفت في **المعجم اللغوي المجلد الخامس عشر** (1973م) **:**

" تقنية أو تقني وهي كلمة أصلها غير عربي أخذت من ترجمة تكنيك technique وتعني مجموع العمليات التي يمر بها انتاج أي عمل فني أو صناعي حتى يصبح منهجاً قائماً بذاته " (ص ـ 135) .

وتعرفها الموسوعة العربية العالمية الطبعة الثانية (د . ت) **:**

" التقنية مصطلح يشير إلى كل الطرق التي يستخدمها الناس في اختراعاتهم واكتشافاتهم لتلبية حاجاتهم وإشباع رغباتهم ، ويسميه البعض التكنولوجيا ". (ص ـ 69) .

ويعرف الشال (د . ت) **:**

" هي الطريقة المتبعة في إخراج العمل الفني بأصول صناعية صحيحة " (ص ـ 282) .

التعريف الإجرائي :

تعرف الباحثة التقنيات تعريفاً إجرائياً بأنها عبارة عن مجموعة العمليات والمهارات والطرق والأساليب التي يتبعها الفنان في انتاج العمل الفني .

المشغولة المعدنية :

التعريف الإجرائي :

هي عبارة عن العمل الفني المنفذ في المعدن ، المستخدم فيه احدى تقنيات السباكة ، والتي يستطاع من خلالها التأكيد على القيم الجمالية والفنية إلى جانب الوظيفة النفعية ، أو عمل أشياء لها أغراض جمالية بحته ، فمنها المجسمة ثلاثية الأبعاد ، ومنها المسطحة ثنائية الأبعاد .

الفصل الثاني

(أدبيات الدراسة)

أولاً : الدراسات السابقة

ثانياً : الإطار النظري

يتناول هذا الفصل من البحث قسمين مهمين للدراسة لا يمكن الاستغناء عنهما وهما :

القسم الأول بعنوان الدراسات السابقة / ويشتمل على الدراسات والبحوث العلمية السابقة والمرتبطة بموضوع جوانب البحث الحالي ، حيث يعرض هذا القسم من البحث ملخصاً مفصلاً لكـل دراسـة تناولتها الباحثة يتبعه تعليق على كل دراسة من حيث الاستفادة ومدى ارتباطها واختلافها عن الدراسه الحالية .

أما **القسم الثاني من هذا الفصل فهو الخاص بالإطار النظري للبحث /** ويشتمل على ثلاثة مباحـث أساسية وهي كالتالي :

المبحث الأول / إلقاء الضوء على مفهوم المعادن وذكر نبذة تاريخية عن اكتشاف المعادن ، والخـواص الطبيعية لها ، ومن ثم ذكر أنواع المعادن والتوسع بالتعرف على السبائك التي ـم البحـث الحـالي كسبائك النحاس .

المبحث الثاني / إلقاء الضوء على خصائص ومعايير إختيار السبيكة المعدنية المناسبة لتنفيـذ الأعمـال الفنية المعدنية ، ومن ثم ذكر مراحل تطور سباكة المعادن عبر العصور التاريخيـة ، مبتدئـة بالحـضارة المصرية القديمة ، ثم بحضارة الإغريق والرومان ، ثم بحضارة الشرق الأقصى في الصين ، ثم بحضارة غرب أفريقيا ، ثم الحضارة الإسلامية منتقله إلى عصر النهضة .

المبحث الثالث / ويضم أولاً مجموعة التقنيات المتبعة في سباكة وصب المعادن ، والتي يمكن اسـتخدام احداها في تنفيذ أعمال الفن التشكيلي المعدنية (البرونزية) كسباكة الرمل ، وسباكة الشمع المفقـود وسباكة الكساء ، وسباكة الضغط ، والطرد المركزي ، ثم الترسيب الكهربائي .

وقد اختارت الباحثة تقنيتين من مجموعة التقنيات السابقة ، وهي تقنيتا سباكة الرمل وسباكة الشمع المفقود للتعرف بتوسع على معطيا ا والاستفادة منها في تنفيذ المشغولة المعدنية .

كما ضم هذا المبحث أهم الإجراءات اللأزمة لإ اء العمل المسبوك ابتـداء بقطـع القنـوات إلى المعالجات اللونية والملمسية ، ومن ثم ذكر أهم وسائل الأمن والسلامة الواجب اتباعها والأخذ ا عنـد التعامل مع تلك التقنيات .

أولاً / الدراسات السابقة

تمهيد :

يعرض هذا الجزء من البحث ملخصاً لبعض الدراسات والبحوث السابقة والمرتبطة بموضوع الدراسة الحالية ومجالها ، وستتناولها الباحثة في هذا الجزء من البحث مرتبة ترتيباً زمنياً كالتالي :

1- دراسة مقدمة من الباحث حامد جبريل سعد (1980م) بعنوان **" القيم التشكيلية** في **النحت بالمعادن "** . رسالة ماجستير . جامعة حلوان _ كلية الفنون الجميلة بالإسكندرية .

2- دراسة قامت بها الباحثة نادية محمد عبد اللطيف جاد (1986م) بعنوان **" التشكيل بالألواح المعدنية** في **النحت "** . رسالة دكتوراه . جامعة حلوان _ كلية الفنون الجميلة بالإسكندرية .

3- دراسة قامت بها الباحثة زينب أحمد منصور (1990م) بعنوان **" المعطيات اللونية للمينا كمدخل لإثراء المشغولة المعدنية لمعلم التربية الفنية "** . رسالة ماجستير . جامعة حلوان _ كلية التربية الفنية .

4- دراسة قام بها الباحث كريم محمد عبد المعتال قدال (1998م) بعنوان **" تطور تقنية سباكة المعادن** في **فن النحت وأثره على التشكيل "** . رسالة ماجستير . كلية الفنون الجميلة _ جامعة الإسكندرية .

5- دراسة قامت بها الباحثة منى فؤاد إسماعيل حسن (2000م) بعنوان **" تقنيات الطلاء والتشكيل بالترسيب الكهربائي واستخدامه** في **فن النحت "** . رسالة ماجستير . كلية الفنون الجميلة – جامعة الإسكندرية .

وستقدم الباحثة فيما يلي عرضاً موجزاً عن كل دراسة من الدراسات السابقة ومن ثم ذكر مدى أهميتها للدراسة الحالية وذكر جوانب التشابه والاختلاف فيما بينهما .

(1) دراسة حامد جبريل سعد (1980م) بعنوان " القيم التشكيلية في النحت بالمعادن "

استهدف الباحث من خلال دراسته التعرف على طبيعة المعادن والخصائص والمميزات الخاصة بها مع تركيزه على بعض المعادن التي يكثر استخدامها في المجال النحتي ، كالنحاس والبرونز والألومنيوم والذهب .... لإظهار خصائصها الطبيعية التي تميز كلاً منها عن الآخرى . كما أستهدف التعرف على إمكانيات التشكيل المعدني عبر التاريخ سواءً في العصر القديم أو الحديث ، حيث إنه تطرق إلى بعض النماذج المصنوعة من المعادن في تلك العصور بغرض التعرف على طرق إنتاجها وتشكيلها ، والتي يمكن عن طريقها الوقوف على أساليب تشكيلية جديدة . كما أستهدف التعرف على تكنولوجيا

المعادن ، حيث تناول عدة أساليب لتشكيل المعادن كالطرق والصب والسباكة واللحام ، ومن ثم تناول بعض المعالجات اللونية التي تؤكد على الإمكانيات المتاح من خلالها إنتاج الأعمال النحتية بالمعادن كما أكد الباحث على مدى الارتباط والتشابه بين الأعمال النحتية الحديثة والقديمة ، من خـلال دراسـة مقارنة بين نماذج قديمة وحديثة مختارة ، ومن ثم قام بدراسة بعض النماذج لأعمال ثلاثة فنانين معاصرين كما قام الباحث بعرض تجربته الشخصية ، التي أكدت على أهمية التعـرف علـى بعـض الجوانـب التكنولوجية الخاصة بالتطبيق ، والتي تتطلب خامة ذات مواصفات خاصة ، ترتبط وطبيعـة التـشكيل المستخدم ، كذلك أهمية إدراك الفنان لكل طريقة من طرق التشكيل المستخدمة في إنتـاج الأعمـال النحتية بالمعادن .

أهمية هذه الدراسة بالنسبة للبحث الحالي :

ترى الباحثة أن مدى الارتباط بين الدراسة السابقة والبحث الحالي يكمن في خاصية البحـث مـن حيث أهمية التعرف على أساليب التشكيل عبر العصور ، كما أ ا تلقي الضوء للتعرف على الخصائص والمميزات الخاصة بطبيعة المعادن وخصوصاً النحاس وسبائكه " البرونز "، كـذلك تـرتبط معهـا في التعرض للتقنيات التكنولوجيا لتشكيل المعادن المتمثلة في عمليات الصب والسباكة ومعالجا ا لـسطح المسبوكة ، كما ترتبط من ناحية آخرى بتناولها بعض أعمال الفنانين بالدراسة والتحليل .

وتختلف عن الدراسة الحالية في أ ا تختص بنوع معين من أنواع المعادن المـستخدمة في التـشكيل (النحاس وسبائكه) ، وكذلك في التركيز على تقنيتين من تقنيات التشكيل للمعادن وهي " سـباكة الرمل والشمع المفقود " والمعالجات السطحية للمسبوكات _ المشغولات المعدنية _ من حيث التنظيف والتلميع والصقل والطلاء والتلوين ، كما تختلف عنها في الجزء التحليلي لأعمال بعض الفنانين العـرب والأجانب .

(2) دراسة نادية محمد عبد اللطيف جاد (1986م) " التشكيل بالألواح المعدنية في النحت "

أستهدفت الباحثة من خلال دراستها إلقاء الضوء على كل ما يفيد المتخصصين في مجال الفن مـن حيث تطويع عمليات الأداء التقني لخصائص المعادن في تشكيل وطرق ووصل الرقائق المعدنية في ضـوء الأساليب المتطورة والحديثة , كما أستهدفت من هذه الدراسة التعرف على الأساليب اليدوية المتوارثـة في تشكيل الرقائق المعدنية , والتعرف على التركيب البناء الهندسي والخـواص الميكانيكيـة للمعـادن الحديدية والعنصر الرئيسي في مكونا ا وتحليل مجموعة من الأعمال الفنية المصنوعة من الحديد ، كمـا

هدف إلى التعريف بالمعادن غير الحديدية لانه الأكثر استخداماً في الأعمال الفنية مثل الألمنيوم والنحاس والفضة والذهب .... ومن ثم قامت بتحليل مجموعة لاعمال فنية متنوعة مصنوعة مـن الألـواح المعدنية غير الحديدية من العصر الإسلامي .

كما أستهدفت الباحثة من خلال الدراسة التعرف على عمليات التشكيل المعدني عن طريق الإفراد وفيه تتحقق الاستفادة من الأشكال الهندسية في تنفيذ ا سمات ، ثم التعرف على طرق الوصل والتدعيم في الرقائق المعدنية ، ودورها في إنجاح التشكيل النحتي المنفذ من الرقائق المعدنية , ومن ثم التعرف على وسائل وأدوات وطرق تشكيل الرقائق والألواح المعدنية والتجهيز النهائي للأسطح المعدنيـة وكيفيـة معالجة السطح وتنظيفه وتلميعه وحمايته من تأثير المناخ وإكسابه لوناً إيجابياً مع البعد الجمالي والتعبيري باعتباره امتداداً للجانب الوظيفي ، ومن ثم قامت الباحثة بتحليل المراحل التنفيذية لتمثال الحريـة , ثم قامت بتطبيقات مجموعة من الأعمال بينت من خلاله مدى الاستفادة من الدراسة المستفيضة عن المعادن وخواصها وطرق تشكيلها ووصلها ، في تنفيذ مجموعة من الأعمال الفنية المختلفة من حيث أسـاليب التشكيل كنقطة تطبيق للأطر البحثية للأداء المتطور في تشكيل رقائق الألواح المعدنية .

أهمية هذه الدراسة بالنسبة للبحث الحالي :

وترى الباحثة أن ما يهمها من هذه الدراسة ويتفق مع الدراسة الحالية هو دراسة الخواص الميكانيكية للمعادن ، كذلك ترتبط معها في تطرقها للتعريف بالمعادن غير الحديدية (النحاس) من حيث نـشأ ا واستخراجها وخواصها ومميزا ا واستخداما ا وطرق تشكيلها ومن ثم تجهيزها النهائي للأسطح المعدنية

أما الدراسة الحالية تختلف عنها في التعرف على الخواص والمميزات للمعادن بصفة عامة سواءً مـن الناحية الفيزيائية أو الكيميائية أو الميكانيكية أو الضوئية أو الحرارية وخصوصاً النحاس ، حيـث إنـه مصب الدراسة ، كذلك تختلف عنها في تخصيصها بالتعريف بالمعادن غير الحديدية كمعـدن النحـاس فتقدم نبذة تاريخية عنه وعن سبائكه منذ نشأته إلى كيفية الاستفادة منه في تنفيذ المـشغولات المعدنيـة بطريقة جمالية وفنية .

(3) دراسة زينب أحمد منصور (1990م) " المعطيات اللونية للمينا كمدخل لإثراء المـشغولة المعدنية لمعلم التربية الفنية "

دف هذه الدراسة إلى الكشف عن الحلول الجمالية والتقنية المتعلقة بتناول مينـا الـصياغة علـى المشغولات المعدنية ، لإيجاد حلول جمالية مبتكرة في المعالجات اللونية بالمينا ، على الأسـطح المختلفـة

للمشغولات المعدنية ، حيث تعرضت الباحثة إلى دراسة بعض أساليب المعالجات اللونية الكيميائية وغير الكيميائية لأسطح المشغولات المعدنية . كما تناولت هذه الدراسة تتبع مراحل تطور مينا الصياغة عبر العصور ، ومن ثم تطرقت لعرض أنواع مينا الصياغة وأهم التقنيات المتعلقة بتناولها من حيث كيفية تحضيرها ، ومن ثم تطبيقها على المشغولات المعدنية ، حسباً لنوعية المعادن المضافة إليها . كما أكدت الدراسة على مدى الصلة بين تطبيق المينا على المشغولات المعدنية وما ارتبط ا من جماليات ، وذلك من خلال تحليل مجموعة مختارة من الأعمال الفنية لبعض الفنانين الذين تناولوا المينا على مشغولا م المعدنية .

وبناءً على ذلك قامت الباحثة بإنتاج مجموعة من الأعمال الفنية التي أثمرت خلالها بعض الحلول الجمالية والتقنية التي تم رصدها خلال الدراسة النظرية ، بالإضافة إلى بعض الحلول التي تم التوصل إليها من خلال الممارسات التجريبية , ثم عرضها مع إبراز أهم النتائج والتوصيات المقترحة .

أهمية هذه الدراسة للبحث الحالي :

تكمن أهمية هذه الدراسة للبحث الحالي في مدى ارتباطها بالمعالجات اللونية للمعدن سواءً بالطرق الكيميائية أوغير الكيميائية على الأسطح المعدنية للمشغولات الفنية ، وذلك بما أوضحته في الإطار النظري من ذكر بعض التركيبات تختص بتلوين المعادن .

ويختلف البحث الحالي عنها بتطبيق المعالجات اللونية غير الكيميائية بتطبيق عملية الطرق ، إضافةً إلى عرض طرق التلوين _ الباتينة _ سواءً بالطرق الكيميائية أو غير الكيمائية وبتطبيق معالجات سطحيه آخرى كالصقل والتلميع والترسيب الكهربائي .

(4) دراسة كريم محمد عبد المعتال قدال (1998م) " تطور تقنية سباكة المعادن في فن النحت وأثره على التشكيل "

كان هدف هذه الدراسة السعي وراء اكتشاف المعادن وسبائكها بصفة عامة ، وسبائك البرونز بصفة خاصة خلال العصور المختلفة ، وتتبع مراحل إنتاج المسبوكات , والتعرف على الأسس التقنية لسباكتها (سباكة الشمع المفقود , سباكة الرمل ، سباكة الطرد المركزي ، سباكة الكساء) كما أستهدف إلى التعرف على أساليب تشطيب المسبوكات من حيث التنظيف وقطع المصبات وإعادة تذهيب وتلوين المسبوكات , وتوظيفها تشكيلياً وفنياً . وقد أستخدام الباحث المنهج التحليلي في دراسة تطبيقات من أعمال الفنانين لبيان خصائص تقنية تلك الأعمال , كما قام بإجراء عدة تجارب لسباكة

نماذج فنية نفذة بخامة الجبس وآخرى بالشمع حيث أسفرت النتائج على معرفة الطرق المـستخدمة في تقنية سباكة الأعمال النحتية في الحضارات القديمة واستخدامها بطرق حديثة ، ومعرفة أنواع المعـادن والسبائك المستخدمة في فن النحت وأنواع القوالب المستخدمة لتنفيذ النسخة الشمعية ومكونا ا وطرق تنفيذها وكيفية تحميص القوالب الشمعية , كما تعرف من خلاله على أنواع الرمل المستخدم للسباكة وكيفية أعداد النموذج الرملي , والتعرف على تقنيات سباكة الطرد المركزي وأنواعها ، كما أسـتنتج أن سباكة الكساء تعتبر تقنية حديثة في مجال النحت (سباكة المعادن) .

أهمية هذه الدراسة للبحث الحالي :

تظهر أهمية هذه الدراسة بالنسبة للبحث الحالي في إلقائها الضوء على تطور تقنيات سباكة المعـادن وخصوصاً البرونز على مر العصور ، كما إ ا تعتبر مصدراً مهماً بما أوضحت من طـرق وأسـاليب سباكة المعادن " الشمع المفقود , وسباكة الرمل " بالشرح والتوضيح ، كذلك استفادت الباحثة كـثيراً منها فيما يتعلق بالتشطيبات النهائية للأسطح المعدنية في إخراج المشغولات الفنية .

أما من حيث الاختلاف عنها والدراسة الحالية يظهر في اهتمام البحث الحالي بدراسة تقنيات نوعين من أنواع السباكة وهي سباكة الرمل ، وسباكة الشمع المفقود ، والاستفادة مـن معطيا ـا ومـن ثم توظيفها في مجال أشغال المعادن لتنفيذ المشغولات المعدنية بطريقة جمالية مبتكرة ، كذلك تختلف عنها في تطبيق عملية الصقل والتلميع والترسيب الكهربائي .

(5) دراسة منى فؤاد إسماعيل حسن (2000م) " تقنيات الطلاء والتـشكيل بالترسـيب الكهربائي واستخدامه في فن النحت "

هدفت الدراسة إلى التعرف على أساليب جديدة في مجال التشكيل بالمعادن من خلال توظيف عملية الترسيب (الطلاء) الكهربائي للتشكيل النحتي من حيث البناء والمعالجات السطحية والملمسية واللونية وهدفة الدراسة إلى التعرف على تاريخ تطور واستخدام والتشكيل بالترسيب الكهربي وتأثير هذه التقنية على الفن النحتي ، بالإضافة إلى التعرف على النظريات العلمية الخاصة بالترسيب الكهـربي ، والمـواد المستخدمة في عمليات الترسيب الكهربي , ثم الوقوف على طرق التغطية المختلفة بالمعـادن ، سـواء كانت تغطية حرارية أو مائية , كما أستهدف من خلاله التعرف على التقنيات المستخدمة في التشكيل الكهربي من حيث أنواع القوالب المستخدمةوطرق يئة الأسطح لاستقبال المعادن بواسـطة عمليـات الترسيب الكهربي , ثم التعرف على المعالجات النهائية لأسطح الأعمال النحتية مـن حيـث الـصقل

والتلوين , تم الوقوف على الخصائص الجمالية للأعمال المنفذة ، التي طبقت عليها عمليات الترسـيب الكهربي . وقد خرجت هذه الدراسة بعدة نتائج أهمها تمتع أسطح الأعمال التي تم طلائها أو تـشكيلها بالترسيب الكهربائي بطبقة صلبة قوية تمكنها من البقاء في الحيز الخارجي ، كما نه يمكـن الترسـيب بسهوله على القوالب المصنوعة من الشمع أو البولي أستر أو السليكون ، كما نتج عن هذه الدراسـة أمكانية تحكم الفنان بسمك طبقة الطلاء ودرجة نعومتها ولو ا ، إضافة إلى أن المعدن المرسب يحـتفظ بجميع خصائصة الطبيعية ودرجة نقائه ولمعانه .

أهمية هذه الدراسة للبحث الحالي :

تكمن أهمية هذه الدراسة للبحث الحالي في إلقاء الضوء على مدى إمكانيات الترسيب الكهـربي في تغطية (طلاء) الأسطح المعدنية بطبقة أو أكثر من الطلاء المعدني ، وطرق يئة الأسطح لاستقبال طبقة المعدن بواسطة عمليات الترسيب الكهربي ، إضافةً إلى الإستفادة من تلك الدراسة في ذكر تركيبـات محاليل أحواض الطلاء , والمعالجات النهائية لأسطح الأعمال النحتية من حيث الصقل والتلوين .

وتختلف عن البحث الحالي في إ ا تتناول أساليب تنفيذية باستخدام تقنية السباكة سـواءً سـباكة الرمل أو الشمع المفقود في تنفيذ العمل الفني كذلك في تطبيق معالجات سطحية آخرى علـى العمـل البرونزي .

تعقيب :

من خلال أستعراض الباحثة للدراسات السابقة والمرتبطة بالبحث في تقنيات سباكة المعـادن ومـا يتبعها من معطيات والأستفادة منها في تنفيذ المشغولة المعدنية تم أستنتاج مايلي :

أشتملت كل دراسة من الدراسات السابقة على جزئية مهمة للبحث الحالي ، حيث أن كل دراسة تم أستعراضها تناولت مجال من مجالات البحث أو أرتكزت على نقطة أو تقنية أو آحـدى المعالجـات المستخدمة في البحث والتي حددت مسبقاً في منهج البحث وإجراءاته فجاءت دراسة حامد جبريل سعد (1980م) بالبحث عن أساليب التشكيل عبر العصور وذكر أهم مميزات خامة البرونز , أما دراسـة نادية محمد جاد (1986م) أهتمت بالبحث في خواص المعادن ومميزا ا وطرق تشكيلها والتجهيـز النهائي للاسطح المعدنية ، كما جاءت دراسة زينب أحمد منصور (1990م) بالبحث في المعالجـات اللونية للمعدن سواء كان بالطرق الكيميائية أو غير الكيميائية ، أمـا دراسـة كـريم محمـد قـدال (1998م) فأهتمت بإلقاء الضوء على تطور تقنيات سباكة المعادن عبر العصور ، كما أ ا جـاءت

بالبحث الدقيق في تقنيات السباكة وما يتبعها من معطيات خاصة بتقنيتين سباكة الرمل والشمع المفقود كما أهتمت تلك الدراسة بما يتعلق بالتشطيبات النهائية للأسطح المعدنية , وأخيراً أهتمت دراسة مـنى فؤاد حسن (2000م) بتقنيات الطلاء والترسيب الكهربائي على سطح المشغولة المعدنية حيث يعتبر ذلك أحدى المعالجات المستخدمة على سطح العمل المسبوك .

ويختلف البحث الحالي عن جميع تلك الدراسات السابقة في أختصاصة بالمعـادن غـير الحديديـة وخصوصاً النحاس وسبائكة (البرونز) ، حيث ركز البحث على خامة البرونز وتاريخ أكتشافها ومـا يتبعها من خواص ومميزات خاصة به . كذلك أهتم البحث بالتركيز على تقنيتين من تقنيـات سـباكة المعادن وهي تقنية سباكة الرمل وتقنية سباكة الشمع المفقود وما يتبعها من معطيات خاصة ا ، كمـا أهتم بالبحث عن معالجات سطحية مختلفة ومتنوعة طبقت على نماذج التجربة التطبيقية التي أجريت من قبل الباحثة وذلك بعد سباكتها والتي تمثلت في عدة معالجات هي (الطـرق ، والملمـس ، والـصقل والتلميع ، والطلاء بالترسيب الكهربائي ، واللون ، والحفر بالأحماض) . كما أختلف البحث عن تلك الدراسات بتحليل عشرة أعمال لفنانين أجانب وهم (برانكوزي ، هنري مور ، جياكوميتي ، باولوزي ، سيزار بومودورو) وفنانين عرب وهم (سامي محمد ، ضياء عزيز ضياء ، حامد جبريل سعد ، جواد سليم) إضافةً إلى أختلاف البحث عن تلك الدراسات السابقة بتطبيق سبعة عشر تجربة قامت بتنفيذها الباحثة فطبقت خمسة تجارب بتقنية سباكة الرمل وإثنا عشر تجربة بتقنية سباكة الشمع المفقود حيـث أجريت المعالجات المختلفة على تجارب تلك التقنيتين .

ثانياً / الإطار النظري

المعادن

وسيتم إلقاء الضوء عليها من ثلاثة مباحث وهي :

المبحث الأول

- مفهوم المعادن .
- نبذة تاريخية عن اكتشاف المعادن .
- الخواص الطبيعية للمعادن .
- أنواع المعادن .
- سبائك النحاس .

المبحث الثاني

- خصائص ومعايير إختيار السبيكة المعدنية .
- مراحل تطور سباكة المعادن .

المبحث الثالث

- الأدوات والمعدات المستخدمة في تقنيات السباكة .
- أنواع تقنيات سباكة المعادن .
- المعالجات اللازمة لإ اء العمل المسبوك .
- أسباب عيوب المسبوكات وطرق علاجها .
- معالجة وإصلاح عيوب السباكة .
- المعالجات اللونية والملمسية للأعمال البرونزية المسبوكة .
- إجراءات الأمن والسلامة .

المبحث الأول :

- مفهوم المعادن
- نبذة تاريخية عن اكتشاف المعادن
- الخواص الطبيعية للمعادن
- أنواع المعادن
- سبائك النحاس

- **مفهوم المعادن**

ذكر العمري (2001م) أن المعادن هي " عبارة عن عناصر أو مركبات كيميائية ثابتة تتكون في الطبيعة وهي مواد غير عضوية ، ولها شكل بلوري معين . وكذلك لها تركيب كيميائي وصفات فيزيائية ثابتة " (ص 18) . أما حلمي (1961م) فعرف المعدن بأنه " مادة صلبه متجانسة تكونت بفعل عوامل طبيعية غير عضوية وله تركيب كيميائي محدود ونظام بلوري مميز " (ص 12) .

وتعرف الباحثة المعادن بأنه تلك العناصر والمركبات الكيميائية الموجودة أصلاً في الطبيعة (كالذهب والفضة والنحاس والقصدير والحديد ....) والتي لكلٍ منها مواصفات خاصة ا (الفيزيائية والكيميائية والحرارية والميكانيكية ....) ويمكن تحسين خواصها بخلط مركبين أو أكثر مع بعضها البعض في صورة سبائكية .

- **نبذة تاريخية عن اكتشاف المعادن**

تشكل عملية استخراج المعادن عصب التطور البشري منذ أقدم العصور , فبنظرة إلى الحضارات الغابره نلاحظ إن المعادن هي السجل الحافل لمعرفة تاريخ البشرية على سطح الأرض منذ أقدم العصور ، حيث إن المعادن هي أساس الموارد التي تتكون منها صخور القشرة الأرضية ، بصورة طبيعية أولية , ونظراً لأهمية المعادن وما لها من دور فعال على تطور حياة الشعوب ، ارتبط تاريخ الإنسان بأسماء المعادن التي تم اكتشافها في تلك العصور .

ويرجع استغلال الثروات المعدنية إلى الآف من السنين التي مضت ، ومنذ ذلك التاريخ والمعادن تسهم بنصيب وافر في بناء حضارة الإنسان , فبحلول العصر الحجري استخدم الإنسان موارد أولية غير فلزية في صنع ما احتاج إليه من أسلحة وأدوات وأغراض أخرى , ويؤكد حلمي (1961م) استغلال الإنسان للطين بدرجة كبيرة في صناعة الفخار ، ثم في صناعة الطوب ، حيث تعتبر صناعة الطوب أول صناعة قام ا الإنسان ، فلقد استخدمت ألواح الطين والقار والطوب بكميات كبيرة عند البابليين وقدماء المصريين في بناء منشآ م ومد م ، ومن ثم استخدموا الحجارة في البناء , وأكبر دليل على ذلك بنائهم للأهرامات منذ سنة 2925 قبل الميلاد وهو أكبر شاهد على اثبات هذه الصناعة المعدنية الضخمة التي أقيمت حين ذاك . ومن ثم استخدمت على نطاق واسع ، وما يزال استخدامها حتى الآن .

وقد أجمع المؤرخون على أن الظروف في ذلك الوقت ساعدت على اكتشاف أول فلز منذ 3000 سنة قبل الميلاد في الحضارة المصرية القديمة ، حيث تم اكتشاف الذهب ، فكان ذلك بداية لانفتاح عصر المعادن ، عندما استخدم النحاس في استخلاص اللون الأخضر لاستخدامه في طلاء الذهب .

وذكر قدال (1998م) إن قدماء المصريين تمكنوا من التعرف على النحاس عن طريـق خاماتـه الأولية وهي الملاخيت (Malachite) ، والكريزوكـولا (Chrysocolla) ، والأزوريـت (Azurite) ، وهي التي يطلق عليها معادن النحاس الأخضر والأزرق ، المـستخدمة في أغـراض الطلاء والزينة , فمن النحاس صنعت الأسلحة والآلات وبعض الأدوات المتعددة الأغراض ، حيث يتميز النحاس عن غيره من المعادن الأخرى بخصائص ومميزات فريدة ، لذا عرف ذلك العصر الذي اكتـشف فيه النحاس بالعصر النحاسي .

وعند اكتشاف القصدير في الصين تمكن الصينيون وقدماء المصرين من صهره مع النحاس لتحـسين خواصه حيث نتج عنه سبائك البرونز , لهذا يعتبر القصدير نقطة تحول عظيمة في تاريخ الأمـم إذ إنـه عرف ذلك العصر بالعصر البرونزي نسبة لسبائك البرنز , ومن ثم تمكنوا من سبك عناصـر معدنيـة آخرى مع النحاس كالفسفور أو النيكل أو الألومنيوم --- إلخ ، فسمي البرونز باسم المعدن المـضاف إلى النحاس مهما كانت نسبة المعدن المضاف ضئيلة .

وقد أثبتت الأدوات البرونزية أ ا أفضل من الأدوات النحاسية وأكثرها فعالية , كمـا إن درجـة انصهار البرونز أقل منها في النحاس , وعندما ذادت معرفة الإنـسان بالمعـادن والـصخور وكيفيـة استخراجها واستغلالها ، انتقل من العصر البرونزي إلى العصر الحديدي , وكما أشـارت الدراسـات وأكد دكروب (1983م) " انه في عام 1500 قبل الميلاد بدأ الإنسان يستخلص الحديد من الطبيعة مشيراً إلى بداية ظهور عصر جديد وهو العصر الحديدي " (صـ 275) .

فاكتشاف المعادن وخاصة الحديد كان له الفضل الأكبر في توسيع سلطة الإنـسان علـى قـوى الطبيعة ، فكانت المعادن وخاصةً النحاس والحديد يعملان على خدمة الإنسان ، فكلما توسـع إنتـاج النحاس ازداد انتاج الحديد والصلب . إضافةً إلى أن التطور في استخراج المعادن وكيفية استعمالها عامل هام في رفع المستوى الاقتصادي والمعيشي ، إذ كلما تحسنت وسائل الإنتاج ارتفع مـستوى الإنتـاج نفسه ، وكلما ارتفع مستواه المعيشي ازداد استهلاك الفرد وا تمع لتلك المعادن ، وازداد تنوع حاجاته للمعادن التي يستعملها .

ويؤكد دكروب (1983م) إن المعادن أصبحت اليوم من أكثر الموارد الأولية استعمالا في شـتى مجالات الحياة ، حيث أ ا تدخل بطريقة أو بأخرى في خدمة الإنسان , باستخدامها في صناعة وبنـاء المنشأت ، ووسائل المواصلات ، أو صناعة العدد والأدوات الم لية ، أو أغراض الزينة والتحف .

• الخواص الطبيعية للمعادن

تختلف نوعية وخواص المعادن بعضها عن بعض ، حيث يتميز كل معدن عن الآخر ببعض الخواص والصفات الخاصة به ، التي من خلالها يمكن التعرف على نوعية المعدن ، كاختلاف الكثافة حيث ذكر السيد (2001م) " ان كثافة بعضها ثقيل كالنحاس والرصاص والبوتاسيوم والكالـسيوم وبعـضها خفيف كالزئبق حيث يطفو فوق سطح الماء وبعض المعادن يقاوم التآكل بالأحماض كالذهب والبلاتين والفضة والبعض يذوب فيها كالنحاس والحديد " (صـ 13) .

إضافةً إلى اختلافها في القدرة والقوة على تحمل الإجهادات من الضغوط الخارجيـة كالـصدمات والانحناء ، والالتواء ، والمتانة ، والصلادة ، والمرونة ، والمطاطية ، والطروقية ، والمغنطـة ، والتوصـيل الحراري ، ودرجة الانصهار ، وإمكانية التشكيل ، وإنعكاس الضوء ، واللون ، والتأكسد ، والـصدأ والملمس ، والرائحة . وأجمع الباحثون على أن غالبية المعادن تشترك في صفة واحدة مميزة وهي قابليـة المعادن للصهر والتشكيل وهذه الصفة هي أساس البحث القائم .

والجدير بالذكر أن هذه الخواص الطبيعية المتمثلة في المعادن والتي تختلف من معدن إلى آخـر علـى حسب تركيبة كل معدن تركيباً كيميائياً وذرياً يتم وفقها إختيار الفنان التشكيلي للمعدن على حسب الخواص المناسبة لتشكيل الخامة وطبيعتها .

وفيما يلي يتم التعرض لأهم الخواص الفيزيائية والميكانيكية المتمثلة للمعادن عامة .

1- الخواص الفيزيائية Physlcal properties :

عرفها الصباغ (1973م) بإ ا جميع الصفات التي تتصف ا المعادن شاملة الكثافـة ، ودرجـة الانصهار ، والميوعة ، والتوصيل الحراري والكهربائي ، والمغنطة ، والصدأ ، واللـون ، والإنعكـاس والملمس ، والرائحة --- إلخ .

وفيما يلي يتم التعرف على بعض تلك الصفات التي منا في مجال البحث الحالي :

أ- الكثافة Specific Gravity :

تعد الكثافة من الصفات المهمة والمميزة للمعدن ، ويذكر الشيخ (2000م) أن كثافـة المعـدن تختلف من معدن إلى آخر ، ولا يتم تحديد الثقل النوعي للمعدن إلا إذا تم التأكد من نقـاوة المعـدن وخلوه من الشوائب ، ويتم حساب الكثافة لمعدن ما إلى كثافة الماء .

ب- درجة الانصهار Melting Point :

وهي من الصفات الهامة التي يتم عن طريقها التمييز بين المعادن , وذكـر الـسيد (2001م) إن درجة الانصهار هي الدرجة التي يتم عندها تحويل المادة الصلبة إلى السائلة* بـسهولة تـسمح بـدمج معدنين أو أكثر لتكوين السبائك ، وتشكيلها وصبها .

ج- الميوعة Fluidity :

عرفها الشيخ (2000م) بإ ا قابلية المعدن للسيوله والانسياب عند درجة الحرارة العالية ، والـتي تساعد بدورها على ملء قوالب السباكة تماماً بالمعدن السائل ، إذ أن ذلك يعمل على إظهار كل ما في القالب من تفاصيل عقب عملية التجمد .

د- الملمس Touch :

يتم تحديد نوعية المعدن عن طريق ملمسه ، حيث ذكر سعد (1980م) إن ملامـس المعـدن تختلف من معدن إلى آخر تبعاً لتركيبة كل معدن , فهناك معادن تتميز بأسطحها الناعمـة المـصقولة كالنحاس والبرونز ، والألومنيوم ، وهناك معادن أخرى لها ملمس خشن لكبر حجم ذرا ا كالرصاص .

هـ - اللون Color :

اللون من الصفات الحسية الهامة والظاهرة التي يمكن ملاحظتها في المعادن سريعاً بمجرد النظر إليهـا وقد يشترك أكثر من معدن في اللون الواحد إلا إن درجة نصوع أو شدة لون المعدن تختلـف منـه إلى آخر , ويؤكد السيد (2001م) " إن اللون يساعد على التعرف على تأثير درجـة الحـرارة علـى المعادن – كذلك فإن الأحماض يمكنها أيضاً أن تكسب المعادن ألواناً متعددة " (صـ 21) .

---

* تختلف درجة إنصهار كل معدن عن الآخر بحسب نوع المعدن .

و- انعكاس الضوء :

إن ظاهرة انعكاس الضوء من الصفات الهامة التي عن طريقها يتم التفريق بين المعادن المختلفة والمتشابهة في اللون الواحد , ويضيف سعد (1980م) أن ذلك الانعكاس يتوقف على نوع وطبيعة المعدن ونسبة الضوء الساقط عليه ، ودرجة امتصاص المعدن له ، كما تعتبر هذه الصفة من الصفات التي لفتت انتباه الفنان وجذبته للمعادن .

ي- الصدأ Tarnish :

أجمع الباحثون على إن الصدأ يتكون عند تعرض المعادن للعوامل الجوية المختلفة ، وذلك نتيجة تحلل الطبقات الخارجية للمعدن حتى تبدو بلون مختلف بعض الشيء عن لونها الطبيعي , ويضيف سعد (1980م) " تشترك جميع المعادن (فيما عدا المعادن الثمينة كالذهب والفضة) في خاصية واحدة وهي قابليتها للصدأ بدرجة أكبر من قابلية النحاس " (ص 42) .

كما أشارت باهرة القيسي (1981م) وقدال (1998م) على إن بعض المعادن كالحديد والصلب والزنك والألومنيوم والبرونز تتأكسد بسرعة وتغطي سطحها طبقة من الصدأ عند تعرضها للعوامل الجوية . وتضيف باهرة القيسي (1981م) أن طبقة الصدأ في البرونز تتكون نتيجة تكون طبقة من أكسيد النحاسوز على سطح المعدن

> ويزداد سمك هذه الطبقة من الأكسيد مكوناً لوناً أحمر وهذا بدوره يحاط بالكربونات القاعدية التي تكون طبقة خضراء (Malachite) أو زرقاء (Azurite) تكون ثابتة عند عدم وجود كلوريد النحاس وتعتبر (هذه الطبقة) غلافاً واقياً للمعدن من التأكسدات المستمرة . ولكن عندما تكّون هذه الكربونات طبقة كبيرة تكون بمثابة إسفنجه لامتصاص الرطوبة والأملاح الذائبة في التربة . وفي حالات وجود أكثر من فلز واحد مثل البرونز (Bronze) فإن الصدأ (Incrustation) يكون أكثر تعقيداً في التكوين والتركيب ، لأنه أكثر احتواءً للأملاح وامتصاصها . وفي بعض الحالات نجد في البرونز بقعاً خضراء فاتحة تكون على شكل مسحوق وأحياناً نرى جيوباً داخل المعدن تستمر للداخل بوجود الرطوبة ولها ملمس شمعي وتكون بيضاء أو رصاصية وهذا هو كلوريد النحاسوز _ وإذا تعرض العمل البرونزي للرطوبة لفترة طويلة فانه يصبح هشاً من الداخل يجعله قابلاً للتحطم _ وهذا ما يدعى بمرض البرونز (القيسي ، ص 44 ، 43) .

وفيما يلي ذكر المعادن على حسب مقاومتها للصدأ والتآكل : البلاتين ـ الذهب ـ الفضة ـ النحاس ـ الرصاص ـ الألومنيوم ـ القصدير ـ الزنك ـ الحديد .

2- الخواص الميكانيكية Mechanical Properties :

عرف معجم مصطلحات تشكيل المعادن الخواص الميكانيكية بأنها " من الخواص الهندسية للمواد وهي الخواص التي تتعلق بسلوك المادة عند تعريضها للأحمال المؤثرة " (صـ 93) .

وتتفق الباحثة مع الصباغ (1973م) في كون الخواص الميكانيكية تغيرات ناتجة عن الانفعالات والاجهادات المؤثرة على المعادن سواءً أثناء التشغيل أو التشكيل , وتعتبر الخواص الميكانيكية من أهم الخواص الخاصة بالمعادن ، نظراً لان هذه الخواص تعطي صورة تكاد تكون شاملة عن المعدن ومدى إمكانية تشكيلة في الظروف المختلفة أثناء التشكيل , وتتمثل أهم الخواص الميكانيكية في الإجهاد والانفعال والمرونة واللدونة والمقاومة والصلادة والصلابة وقابلية السحب والطرق --- إلخ .

وفيما يلي يتم التعرض لذكر أهم الصفات الميكانيكية والتي تهمنا في مجال البحث الحالي وهي :

أ- اللدونة Plasticity :

وهي كما عرفها الصباغ (1973م) " قابلية المعدن للتشكيل بتأثير الاجهادات تشكيلاً دائماً دون عودته إلى شكله الأصلي بعد زوال الجهد " (صـ 100) .

ب- الصلادة Hardness :

وهي قدرة المعدن على مقاومة الخدش والطرق والثني والتغلغل*. وصلادة المعدن تختلف من معدن لآخر وفقاً لقوة الضغط المبذول عليه وقوة تماسك جزيئاته .

وفيما يلي عرض المعادن الأكثر صلادة إلى الأقل صلادة وهي : الحديد ـ البلاتين ـ النيكل النحاس ـ الزنك ـ الفضة ـ الذهب ـ الألومنيوم ـ القصدير ـ الرصاص .

ج- قابلية السحب Ductility :

عرفها الشيخ في (2000م) بإنها " قابلية المعدن للتمدد باتجاه الشد أو التشكيل الثابت عند الطرق إذا ما زادت القوة المطبقة عن حد المرونة ودخلت في مجال اللدونة " (صـ 38) , ويضيف قدال (1998م) " إن هذه الخاصية تسمح لبعض المعادن أن تسحب على أشكال خيوط رفيعة أو أسلاك

---

* التغلغل أو الاختراق ويقصد بها " ضغط الأجسام الأخرى الأكثر صلادة فيها " (قدال ، 1998م ، صـ 64) .

دون أن تقطع " (ص ـ 64) , وتتم عملية سحب المعادن على البارد ، أما قابلية المعادن على السحب في درجات الحرارة العالية فيرتبها الشيخ (2000م) كالتالي : الذهب ـ البلاتين ـ الفضة ـ الحديد النحاس ـ الألومنيوم ـ النيكل ـ الزنك ـ القصدير ـ الرصاص .

د- قابلية الطرق Malleability :

تعتبر صفة الطروقية من أهم الصفات التي تميز المعادن . ويقصد ا قابلية المعدن للتشكيل والتلـوي والتمدد في جميع الاتجاهات عند طرقة دون أن ينكسر ، أو يثقب ، أو يتقصف , وبعض المعـادن لهـا قدرة عالية على التمدد ، ويضيف السيد (2001م) أنه حين اكتشفت بعض المعادن أمثال الزنـك والزرنيخ --- إلخ ، في العصور الوسطي لم تصنف في بدايتها كمعادن لصعوبة طرقها " حيث كانت قابلية المعدن للتطريق هي الدليل الأساسي لاعتباره معدناً , وفي عام (1763م) استبعدت كل المعادن على اعتبار إن هذه المعادن هي فقط التي ينطبق عليها التعريف المناسب للمعدن وهو جسم صلد لامـع يمكن الطرق فوق سطحه " (ص ـ 16) .

ورتب قدال (1998م) المعادن على حسب قابليتها للطـرق كالتـالي : الـذهب ـ الفـضة الرصاص ـ النحاس ـ الألومنيوم ـ القصدير ـ البلاتين ـ الزنك ـ الحديد ـ النيكل .

هـ - مقاومة الشد Resistance to tenacity :

عرفها قدال (1998م) بإ ا مقاومة المعدن للكسر الناتج عن الشد . وفيما يلي ترتيب المعـادن على حسب مقاومتها للشد كالتالي : الصلب ـ الحديد ـ النحاس ـ البلاتين ـ الفضة ـ الـذهب الزنك ـ القصدير .

• أنواع المعادن

تزخر الطبيعة بمختلف أنواع المعادن ، وقليلاً ما نجد المعادن في صور ا النقية ، بل إ ا تستخلص من خاما ا الأولية الموجودة في الطبيعة ، فتوجد أحياناً مختلطة بالأحجار أو الأتربة أو الـصخور والجبـال مصدرا هام لاستخراج المعادن ، كذلك فإن الأ ار والبحار والمحيطات يستخرج منها الكثير من المعادن كالذهب والنحاس والمنجنيز والنيكل .

وذكر السيد (2001م) إنه تبين في إحصائية بسيطة إن كل مائة طن من الصخور العادية كالجرانيت مثلاً تشمل على المعادن التالية : 8 طن ألومنيوم - 5 طن حديد - 540كيلو جرام تيتانيوم - 80 كيلوجرام منجنيز - 80 كيلوجرام نيكل - 18 كيلوجرام فانديوم - 9 كيلوجرام نحاس - 4.5 كيلوجرام تنجستين - 1.8كيلوجرام رصاص .

وتنقسم المعادن إلى قسمين رئيسين : معادن حديدية ومعادن غير حديدية . فالمعادن الحديدية هي التي يشكل الحديد العنصر الأساسي لها : كالحديد وسبائكه وتشمل : حديد زهر ، حديد مطاوع ، حديد صلب (فولاذ) . أما المعادن غير الحديدية وهي التي لا دخل الحديد في تركيبها وتشمل : الذهب ، الفضة ، الزنك ، الرصاص ، القصدير ، النيكل ، المغنسيوم ، المنجنيز ، الفوسفور الألومنيوم ، النحاس .

وفيما يلي عرض لتلك المعادن الحديدية وغير الحديدية ، والتعرف على ما يخص منها هذا البحث بالتطبيق في الجانب العملي .

أولاً : المعادن الحديدية : (الحديد)

ذكر الدهشان (1998م) إن الإنسان اكتشف الحديد بدايةً كمادة صلبه بط من السماء _ وهو الحديد النيزكي _ ثم عرف الحديد الطبيعي الناتج عن البراكين حوالي سنة 2000 قبل الميلاد ، ويتواجد الحديد في الطبيعة في صورة صخرية ، وقد ظل الحديد الخام لفترة طويلة نادراً لدرجة أنه كان يعتبر أغلى من الذهب رغم سعة انتشار مركباته في الصخور والتربة بنسب متفاوتة . وأورد السيد (2001م) ما ذكره المؤرخون من أنه :

> في عام 1000 ق.م بدأ معدن الحديد يحل محل البرونز ، ووصل هذا الإستخدام إلى ذروته عام 700 ق.م وهو ما أطلق عليه العصر الحديدي وبه تطورت طرق صناعة وتشكيل المعادن . وأقدم قطعة من الحديد معروفة هي شفرة وجدت في الهرم الأكبر بمصر ، ويدل على أن وسائل استخلاص الحديد من خاماته وأيضاً تشكيلة قد عرفت من عصور سحيقة ، ولكن لانه معدن سريع التآكل في الظروف الجوية الرطبة فقد أدى ذلك إلى تلف وفناء الكثير من تلك الآثار المصنوعة منه على عكس معادن آخرى كالنحاس والبرونز . وقدكانت الأعمال الحديدية في العصور المبكرة تشكل عن طريق تسخين الخام الترابي في فرن بدائي حتى ينصهر ويسيل ويأخذ المعدن الساخن ويطرق بين قطعتين من الحجر " (ص 15) .

وقد استمر استخدام تلك الطريقة البدائية حتى العصور الوسطى ، حيث أنتجت منها الكثير من الأعمال الحديدية كالأسلحة والسيوف ذات الزخارف الجميلة ، غير إن صناعة واستخلاص الحديد قد تطورت بشكل هائل في العصر الحديث إذ إنه يعد أساساً للتقدم الحضاري والتكنولوجي .

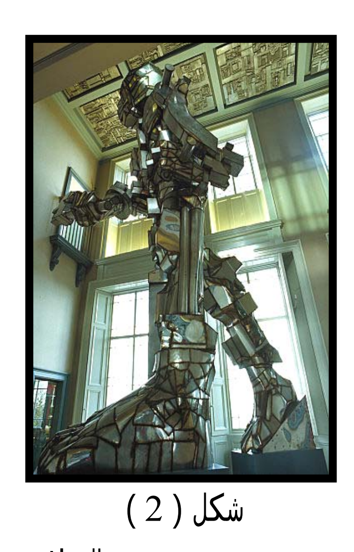
وما ذكرته باهرة القيسي (1981م) يتفق مع ما ذكره المؤرخون من صفات للحديد بأنه معدن أبيض مائل للزرقة ، يلمع عند الصقل ، تبلغ كثافته (7.8) سم^3 ، والحديد صلب يمكن ليه بأي شكل عند تسخينه حتى الاحمرار ، كما إنه ينصهر عند درجة حرارة (°1528م) , ويعد الحديد النقي فقير في خواصه الميكانيكية لذلك أضيفت إليه سبائك أخرى لتحسين خواصه , فيشكل وجود الكربون مع الحديد أهم السبائك التي تكسب الحديد خواص متنوعة , وأطلقت نادية جاد (1986م) تسميات لسبائك الحديد على حسب نسبة وجود الكربون ا .

1_ الحديد الزهر : وهو الحديد الذي يحتوى على نسبة من الكربون تزيد عن 2% , كما يحتوي على بعض الشوائب مثل السليكون و المنجنيز و الفوسفور والكبريت ، والزهر معدن صلد وقصيف مما يجعل عملية تشكيله وتشغيلة صعبة ، وللحديد الزهر عدة أنواع هي :

- **الزهر الرمادي /** سمي بذلك نسبةً للون الرمادي الناتج عن كسر هذا النوع من الزهر ، ويوجد الكربون فيه بصورة حرة ، ويوجد السليكون والفسفور بنسبة عالية فية مما ساعد على سيولة الزهر الرمادي ورسريانه بداخل تجويف القالب أثناء سباكته .
- **الزهر الأبيض /** سمي بذلك نسبةً للون الأبيض المميز لهذا النوع من الزهر عند كسره ، ويوجد به الكربون في صورة المركب الكيميائي " السمنتيت" ويتميز هذا النوع من الزهر عن غيره بصلادة عالية .
- **الزهر المطروق /** ويقصد به قابلية هذا النوع من الزهر لعملية الأجهاد عن طريق معاملته حرارياً فيكون بذلك قابل للتشكيل والسحب والتطريق .
- **الزهر السبائكي /** وهي عبارة عن الزهر مضافً إليها معدن آخر دف تحسين خواص السبيكة .

2_ الحديد الصلب (الفولاذ) : وهو الحديد الذي لا تزيد نسبة الكربون فيه عن 2% ، ويستخدم الفولاذ في التشكيل الفني مثال شكل (1) يمثل مرآة من الفولاذ مطعمة بالفضة والذهب , ويمثل شكل (2) مجسماً ضخماً من الفولاذ للفنان الإيطالي باولوزي .


شكل (1)
يوضح مرآة من الفولاذ مطعمة بالفضة والذهب
(راشل وارد ، 1998م ، صـ 121)


شكل (2)
يوضح مجسم ضخم من الفولاذ
للفنان الإيطالي باولوزي

وللحديد الصلب (الفولاذ) أنواع وهي كالتالي :

- **صلب كربوني /** سمي بذلك لان الكربون العنصر الوحيد المضاف إلى الحديد وغالباً ما يستخدم في المسابك الصناعية .

- **صلب سبائكي /** ويقصد به الحديد المضاف إليه عناصر آخرى غير الكربون , كإضافة بعض المعادن مثل المغنسيوم أو الكروم ، أو النيكل ، أو الألومنيوم بهدف تحسين نوعية الصلب (الفولاذ) , كما يرتبط مسمى الصلب السبائكى باسم المعدن المضاف إليه كالصلب المغنسيوم وصلب الكروم --- إلخ .

ويستخدم الصلب السبائكي كوسيط لسباكة الأعمال التشكيلية وخاصة الميدانية لما تميز به من مقاومته للصدأ والتآكل وصلادته , إضافة إلى تميز الصلب الكرومي والنيكلي بلمعان ونعومة سطحه ويوضح ذلك شكل (3) للفنان الإيطالي باولوزي .


شكل (3)
يوضح مجسم من الصلب مطلي كروم
للفنان الإيطالي باولوزي
http://www.nationalgalleries.org/collections/artist_search 3804.php?artistId= &initial=P&artistName=S 20%Eduardo20%ir

ثانياً : المعادن غير الحديدية :

اكتشف الإنسان المعادن منذ فجر التاريخ وهذا ما أكده المؤرخون بأن المعادن غير الحديدية هي الأولى في حياة الإنسان , وأن أول فلز تم اكتشافه هو الذهب ، نظراً لوجوده منفرداً ونقياً في القشرة الأرضية ، فكان اكتشافه بدايةً للكشف عن باقي المعادن الموجودة في الطبيعة كالنحاس والقصدير والألومنيوم --- إلخ , وقد استخدم الإنسان هذه المعادن على نطاق واسع في العديد من المجالات الفنية والصناعية ، نظراً لما تميزت به من خواص عديدة استهوت مستخدمها الفنان في تنفيذ مشروعاته وسباكة أعماله التشكيلية المنحوته ، حيث أخرج تلك الخامة (المعدن) بصورة إبداعية مبهره .

وفيما يلي عرض أهم تلك المعادن غير الحديدية ، وأهم صفاتها وخصائصها المميزة :

1- الذهب :

يعد الذهب أول المعادن التي تم اكتشافها منذ القدم حيث كان ذلك حوالي سنة 5000 قبل الميلاد ويؤكد الدهشان (ب) (1997م) بقوله " يمكن بالتحديد القول إن الذهب اكتشف في القرن التاسع غشر قبل الميلاد ، واستخدم على نطاق واسع في مصر القديمة في القرن الثالث عشر قبل الميلاد " (صـ 2) .

ويتواجد الذهب في القشرة الأرضية بصورة منفردة ونقية ، مصاحباً للكوارتز والرمل ، وساعد التعرف عليه في ذلك الحين لونه الأصفر الذهبي اللامع الذي يلفت الانتباه , وذكرت باهرة القيسي (1981م) أن الذهب يعد من المعادن النبيلة ، كما إنة أثقل المعادن كثافةً ، فتقدر كثافتة بـ (19.2) غم / سم^3 ، وتصل درجة انصهاره إلى (1063°م) ، ويضيف قندال (1998م) عند استمرار تسخينه تتصاعد منه أبخرة خضراء أو صفراء ، ويغلى عند درجة (2970°م) .

ويتمتع الذهب بقابليته للطرق والسحب على قطاعات رقيقة جداً كما يسهل صبه وتشكيله على البارد والساخن ، كذلك يتميز بمرونته ولدونتة العالية . كما أن مقاومته عالية لمختلف الظروف الجوية من التآكل والصدأ . إضافةً إلى مقاومته العالية للتأكسد ، كما أنه لا يتأثر بالأحماض ، إلا أنه يمكن إذابته في الماء الملكي* والزئبق فقط .

* الماء الملكي / " هو مزيج من ثلاثة حجوم من حامض الهيدوكلوريك المركز وحجم واحد من حامض النيتريك لمركز . وهذا المزيج يذيب المعادن النبيلة وهي الذهب والبلاتين " (باهرة القيسي ، 1981م ، صـ 22)

ويستخدم الذهب في تشكيل وسباكة الأعمال الفنية ، وفي صناعة التحف والتماثيل وا ـوهرات والأواني--- إلخ ويبين شكل (4) زبدية مصنوعة من الذهب تـستعمل للـشرب ـا زخـارف وكتابات.

شكل (4)

يوضح زبدية مصنوعة من الذهب تستعمل للشرب ، ا زخارف وكتابات

(راشل وارد ، 1998م ، صـ64)

غير أن استخدام الذهب في سباكة الأعمال الفنية قل في الوقت الحالي ، لارتفاع أسعار الـذهب . حيث استبدل بذلك الترسيب الكهربائي للذهب على سطح المشغولة الفنية بواسطتها يتم تغطية سطح العمل بطبقة رقيقة من الذهب .

أما عن الأعمال الفنية والتماثيل والآثار القديمة ، فيتفق قدال مع الدهشان (أ) (1997م) في أن معظم الذهب الذي عثر عليه في مصر قديماً كان في صورة سبائكية مع الفضة , وهذا يشير إلى إمكانية سبكه مع الفضة أو النحاس ، غير إنه في هذه الحالة يصنف إلى درجات فيصبح الذهب عيـار 18 أو 16 أو 14 حسب نسبة إضافة الفضة أو النحاس إليه . وتضيف نادية جاد (1986م) إنه عنـدما يضاف النحاس إلى سبائك الذهب تكسبها لوناً أصفر مائلاً إلى الأخضر ، بينما إضافة الفضة لـسبائك الذهب تكسبها لوناً أصفر باهتاً , وهذا بلا شك أفاد الفنان كثيراً في مجالاته الفنية .

2- الفضة :

عرفت الفضة منذ أقدم العصور ، وهي معدن ناعم أبيض اللون ذو بريق معـدني لامـع , وأورد قدال (1998م) بإن لمعا ا يعكس 95% من الضوء الساقط على سطحها مقارنةً بالمعادن الآخـرى وإن كثافتها (10.50) غم / سم^3 ، ودرجة انصهارها (960.5°م) ، وتغلي عند درجة حـرارة (1955°م) .

وتعتبر الفضة من المعادن النفيسة ، وأكثرها وفرة وأقلها تكلفة ، كما إ ا تتميز باحتلالهـا المرتبـة الثانية بعد الذهب من حيث مرونتها وقابليتها للطرق والسحب ، إضافة إلى تميزها بتوصيلها العالي جداً للحرارة والكهرباء ، ومقاومتها للتآكل والصدأ ، وتتفق نادية جاد (1986م) مع بـاهرة القيـسي (1981م) في ذلك بأن سطح الفضة يتأكسد ببطء نتيجة تعرضه لمركبات الكبريت في الهـواء ، وفي حينها يفقد سطح الفضة صفته البراقة . أما من حيث تأثرها بالأحماض فلها قابلية الـذوبان في حمـض النيتريك المركز ، وفي حمض الكبريتيك المركز الساخن .

وللفضة النقية استخدامات كثيرة ، ولكنها غالباً ما تسبك مع عناصر معدنية آخرى لتزيـد مـن صلاد ا ومتانتها . ويذكر قدال (1998م) أن أشهر العناصر التسابكيه لها هي النحاس والالكتريوم وتستخدم سبائك الفضة في أغراض عديدة منها صناعة الحلي والتحف الفنية ، وسباكة الأعمال النحتية الصغيرة . ويوضح شكل (5) علبة مجوهرات مزخرفة بزخارف بارزة وشكل (6) يمثل زبدية مطلية بالفضة مزوده بزخارف منقوشة .

شكل (5)
يوضح علبة مجوهرات مزخرفة بزخارف بارزة
(راشل وارد ، 1998م ، صـ 73)

شكل (6)
يوضح زبدية مطلية بالفضة مزوده بزخارف منقوشة
(راشل وارد ، 1998م ، صـ 102)

3- الزنك (الخارصين) :

تم اكتشاف الزنك تم عن طريق المصادفة في النصف الأول من القرن الثامن عشر حين كـان يـتم استخلاص الرصاص من خاماته , حيث أن الزنك لا يوجد منفرداً في الطبيعة بل يستخلص من خاماته الأساسية وهي كبريتيد الزنك (بلند الزنك) ، وكربونات الزنك ، وسيليكات مائية للزنك , ويضيف حلمي (1961م) إن الغالبية من خامات الزنك تحتوي على خام الرصاص (الجالينا) .

والزنك معدن فلز لونه أبيض فضي مائل للزرقة , واتفق الدهشان (أ) (1997م) مـع تقـدير لباحثين لكثافة الزنك التي تقدر بـ (7.12) غم / سم^3 ، ودرجة انصهاره (419°م) ، أما درجة غليانه فتصل إلى (907° م) . وأضاف أن الزنك يتميز بقابليته للطرق والسحب ، والتشكيل علـى البارد والساخن . كما أن له مقاومة وصلادة عالية تفوق كلاً من عنصر الرصاص والقصدير ، إضـافةً إلى مقاومته العالية للتآكل والصدأ ، لذا يستخدم في تغطية وتغليف أسطح الحديد والفولاذ . وغالباً ما يدخل في صناعة السبائك المختلفة التي تستخدم في مجال التشكيل الفني ، وسـباكة أعمـال النحـت كالنحاس والألومنيوم , لأن إضافة الألومنيوم إليه تزيد قابليته للسبك والصب ، كـذلك يـدخل في سبائك النحاس والبرونز ، كما يستخدم في كثير من الصناعات ، منها صناعة وإنتاج بويات الطـلاء وصناعة قوالب الصب والتحف الفنية .

4- الرصاص :

يعد الرصاص من المعادن المعروفة منذ القدم كما أن اكتشافه تم عن طريق المصادفة , حين أشـعل الإنسان النار للتدفئة والطبخ ، ويعتبر الرصاص من العناصر شبه النادرة في الطبيعة ، فهـو لا يوجـد بصورة حرة وإنما يستخلص من خاماته الأولية التي أهمها كبريتيد الرصاص (الجالينا) , وعـادةً مـا يحتوي كبريتيد الرصاص على كبريتيد الزنك .

وأتفق الباحثون مع باهرة القيسي (1981م) بأن الرصاص معدن ذو لون رمادي مائل للزرقة له بريق معدني داكن ، تبلغ كثافته (11.4) غم / سم^3 ، وينصهر عند درجة حرارة (327° م) كما أنه أثقل المعادن ، فرغم اعتباره أثقل من الحديد إلا أنه يتميز بطراوته ومرونته ولدونته وسـهولة صـبه وتشكيله ، كما أنه قابل للطرق والسحب ، ومقاوم لتأثير الأحماض , وغالباً ما يسبك مـع عناصـر أخرى ، ليحسن من مقاومة سبائكها ، كإضافته للنحاس والفولاذ .

كما إن استخداماته كثيرة تخدم ا ال الفني والصناعي ، حيث يصنع منه حروف الطباعة ويستخدم في البويات والطلاء ، وفي صناعة التحف والأعمال الفنية ، ويؤكـد قـدال (1998م) علـى إن استخدامه تم بكثرة في التشكيل الفني وصب الأعمال . فقد استخدم بكثرة في صب التماثيـل قـديماً وحديثاً ، كما أنه يعتبر من أكثر المعادن استخداماً لسباكته في الأستديو (المعامل الفنية) ، وساعد على ذلك درجة الحرارة المنخفضة اللازمةلانصهارة ، إذ إنه بالإمكان صهره بسهولة وصبه في وعـاء مـن الحديد ثم سكبه في القالب .

5- القصدير :

يعتبر القصدير أحد أقدم المعادن التي استخلصها الإنسان واستخدمها منذ العصور الأولى , فقد كان اكتشاف القصدير سبباً في تطور حياة الإنسان الأول . والقصدير لا يوجد بصورة نقية بل إنه يستخلص من خاماته الأولية , التي أهمها " الكاستيريت " . والقصدير معدن أبيض لامع ، مائل قليلاً إلى الزرقة . وتقدر كثافته بـ (7.28) غم / سم^3 ، وينصهر عند درجة حرارة (232° م) .

وأوجز الدهشان (أ) (1997م) أهم خواصه في مقاومته للاحتكاك والأحماض والتآكل والصدأ ، نظراً لتكون طبقة رقيقة من أكسيد القصدير تمنع أكسدته في الجو الجاف ، ويزداد سمك هذه الطبقة بازدياد رطوبة الجو . كما يعتبر القصدير معدناً طرياً قابلاً للطرق والسحب والتشكيل على البارد والساخن . ويتمتع القصدير بمنظر جذاب وجميل ، زاد من أهمية استخدامه في التشكيل الفني وغيره ، وكثيراً ما يضاف مع عناصر آخرى لتكوين السبائك , كإضافته مع النحاس لتكوين سبائك البرونز , حيث يستخدم في صب أعمال التشكيل النحتي لما له من مميزات خاصة .

6- الفوسفور :

الفوسفور من المعادن اللافلزية ، ويذكر طوبي (1978م) معنى تسميته بالفوسفور نسبةً إلى " حامل الضوء " وربما يكون قد جاء هذا المعنى من الضوء الذي يصدره في الظلام . والفوسفور لا يوجد في الطبيعة بحالة منفردة ، ولكنه يستخلص من مركباته والتي أهمها معدنيا " الفوسفوريت " و " الآباتيت " , ويذكر الدهشان (ب) (1997م) أن خام الفوسفور يتميز بصلادته وصلابته العالية ومقاومته للتآكل والصدأ ، التي جعلت منه معدناً بالغ الأهمية ، وذلك بإضافته للعناصر الفلزية كسبائك النحاس والبرونز ، إذ أنه يساعد على إزالة الأكسجين منها , إضافةً إلى إنتاجيه لسبائك بالغة الأهمية تمتاز بخواص جيدة ، وتختلف تلك الخواص بنسبة الفوسفور المضاف إليها .

7- الألومنيوم :

يعد الألومنيوم من معادن القرن العشرين ، فهو من أكثر المعادن انتشاراً في القشرة الأرضية بعد الأكسجين والسيلكون ، وذكر دكروب (1983م) إنه لا يوجد حراً في الطبيعة وإنما يستخلص من أكاسيده المائية المعروفة بـ" البوكسيت " ويتميز الألومنيوم النقي بلون فضي لامع مائلاً للبياض ، وهو عاكس للضوء والحرارة الساقطة عليه ، كما أنه يتميز بخفة وزنة وقوته .

ويذكر دكروب (1983م) " أن قوته تفوق الحديد بست مرات في حالة سبكه مع النحاس وقليـل من المغنسيوم " (صـ 290) ,كما إنه موصل جيد للحرارة والكهرباء فلا يفوقه في ذلـك سـوى الذهب والفضة , ويتمتع بلدونته ، وقابليته للطرق والسحب ، والصب والتشكيل ، إضافةً إلى مقاومته للتآكل والصدأ ، حيث أثبتت الدراسات تكون طبقة شفافة رقيقة من أكسيد الألومنيوم تعمل كعـازل بين الأوساط التأكليه وسطح المعدن . ويضيف الدهشان (أ) (1997م) رغم مقاومة الألومنيـوم وسبائكه للتآكل نتيجة تكون طبقة أكسيد الألومنيوم على سطحه فإنه يتعذر تكُون هـذه الطبقـة في بعض الأوسط الحامضية ، التي تمنع وصول الأكسجين إلى سطح الألومنيوم . وفي هذه الحالـة يمكـن الاستعاضة بالطريقة الصناعية المعروفة بأسم الأنود (المهبط) ، والغرض من هذه العملية تكوين طبقـة سميكة من أكسيد الألومنيوم كنوع من حماية السطح بالطريقة الاصطناعية .

وقدر الباحثون كثافته بـ(2.7) غم / سم^3 ، وتصل درجة انصهاره إلى (660°م) ، وأضاف الدهشان (ب) (1997م) تصل درجة غليان الألومنيوم إلى (2467°م) , وغالباً ما يسبك مـع عناصر تسابكية آخرى كالحديد والنحاس والمغنسيوم والرصاص --- إلخ ، بهدف تحـسين خواصـه الكيميائية والميكانيكية ، وتسمى سبائك الألومنيوم نسبةً للعناصر المضافة إليها ، كسبائك الألومنيـوم والمنجنيز ، وسبائك الأومنيوم والنحاس --- إلخ .

ويستخدم الألومنيوم بكثرة في كثير من الصناعات ، منها الصناعات الهندسية ، والصناعات الفينـة كالتحف وأدوات الزينة ، كما يستخدم في التشكيل الفني وصب أعمال النحت التـشكيلي , فقـد استخدمه الفنان بكثرة في سباكة أعماله الكبيرة والصغيرة ، كما يستخدم بـشكل كـبير في عمـل المجسمات الميدانية الكبيرة ، لما له من مقاومة عالية للصدأ ، إضافةً لمظهره البـراق ، وسـهولة تلوينـه بالترسيب الكهربائي .

8- النحاس :

يعتبر النحاس ثاني فلز اكتشفه الإنسان بعد الذهب كما أنه يعد من بين أول العناصر التي استخدمها الإنسان قديماً ، حتى أنه شكل أول فترة حضارية في تاريخ البشرية ، وهي الفترة التي سـبقت العـصر البرونزي وتلت العصر الحجري . وهذا ما يؤكده الدهشان (أ) (1997م) بقوله " لقد جاء العصر

البرونزي بعد العصر الحجري ، ولكن هناك من بين علماء تاريخ الفلزات والمواد الهندسية من يعتقد أن هناك عصراً قد سقط بين هذين العصرين وهو العصر النحاسي " (صـ 151) .

وتؤكد المراجع العلمية أن استخلاص النحاس بدأ على يد قدماء المصريين في أول الأمر سنة 5000 قبل الميلاد , ويؤكد الدهشان (أ) (1997م) " أن قدماء المصريين اكتشفوا النحاس واسـتخدموه وأن اكتشاف النحاس كفلز طبيعي كان في صحراء مصر الشرقية ، حيث توجد خامات النحاس ، ومن بينها فلز النحاس في صورته الفطرية بجوار كربونات النحاس الخضراء التي جذبت الأنظـار في ذلـك الوقت " (صـ 4) . وتتفق باهرة القيسي (1981م) مع السيد (2001) والذوكة (د . ت) " بأن هناك مناطق متعددة في حوض البحر المتوسط تشارك مصر هذا الاكتشاف , منها جزيرة قبرص (Cypruss) التي يعتقد أن تسمية النحاس (Copper) اشتقت من اسمها ، وقد انتقلت معرفـة هذا المعدن بعد ذلك إلى جهات متفرقة من العالم وخاصة في قارة أوربا " (الذوكة ، صـ 210) . وفي واقع الأمر أن النحاس لم يتم اكتشافه إلا عن طريق خاماته الأولية ، التي كانت تستخدم بعضها في أغراض الطلاء والزينة .

وذكر حلمي (1961م) أن النحاس وخاماته يحتل مكانه واسعة من القشرة الأرضـية ، فهـو موجود في الطبيعة بعدة أشكال فهو إما أن يكون في صورته الأولية المتكونة من رواسـب الـصخور الملامسة لكتل نارية ، أو في بعض أنواع الصخور البركانية ، وغالباً ما يكون على شكل قطع حمـراء نقية مختلطة بعدة شوائب كالصخور والسيلكا والحديد . أو أن يستخلص من خاماته والتي أهمها :

- **الكبريتيدات /** مثل : الكالكوسيت (كبريتيد النحاسوز) .
  الكلوفيلليت (كبريتيد النحاسيك) .
  البورنيت (كبريتيد النحاس والحديد) .
  الكالكوبيريت (كبريتيد النحاس والحديد) .
  الإرينارجيت (كبريتيد النحاس والزرنيخ) .

- **الكربونات /** مثل : الملاكيت (كربونات النحاس الخضراء) .
  الأزوريت (كربونات النحاس الزرقاء) .
  الكريزوكولا (سليكات النحاس الخضراء والزرقاء) .

- **الأكاسيد /** مثل : الكوبريت (أكسيد النحاسيك) .

ويتميز النحاس النقي الطبيعي بلونه الأحمر ذي البريق المعدني ، وأجمع الباحثون على أن كثافته تبلغ (8.94) غم / سم^3 ودرجة انصهاره (1083°م) ويغلي عند درجة حرارة (2595°م) , وله موصلية عالية للحرارة والكهرباء إذ لا يفوقه في هذه الصفة إلا الفضة ، كما أنه يتميز بقابليته العالية جداً للطرق والسحب والصب والتشكيل على البارد والساخن ، كما أنه يمكن استخدام النحاس الخردة عدة مرات عن طريق الصهر ثم إعادة تشكيله ، وهو مقاوم جيد لتأثير الأحماض والتآكل والصدأ . ويعلل الدهشان (أ) (1997م) سبب مقاومة النحاس للتآكل والصدأ " لتكوينه طبقة رقيقة واقية من أكسيد النحاس على سطح الفلز – تمنع وصول الصدأ لسطح المعدن – ويتأكسد النحاس في درجات الحرارة العالية مكوناً أكسيدين هما أكسيد النحاسيك ، وأكسيد النحاسوز ، وأكسدة النحاس غالباً عملية بطيئة ، ولكن زيادة درجة الحرارة تزيد معدل الأكسدة كثيراً " (ص 168) . وتؤكد باهرة القيسي (1981م) ذلك بقولها " يتضح أن النحاس يصدأ بسرعة عند تعرضه للهواء بوجود الرطوبة ولكن الأكسدة قليلة بحيث لا تؤثر على الشكل ولا تزيد طبقة الأكسيد بمرور الزمن فلهذا تعتبر طبقة الأكسيد المتكونة طبقة واقية " (ص 43) .

ومما سبق تستنتج الباحثة أن زيادة ارتفاع رطوبة الجو تعمل على سرعة التفاعل بين سطح المعدن والكبريتات والكربونات الموجودة في الجو مما يؤدي إلى تكون طبقة الأكاسيد الرقيقة الواقية التي تحمي النحاس الموجود تحتها ، وهذه الطبقة تأخذ اللون الأخضر , وتتفق مع قدال (1998م) على أن النحاس الأحمر حين يتعرض للعوامل الجوية يتغير لونه إلى اللون الأخضر محققاً قيمة فنية عالية مما يجعل الفنان شغوفاً لتلوين أسطح الأعمال الفنية المسبوكة بقائمة ألوان متنوعة بطريقة الباتين* (Patina) .

ويعتبر النحاس وسبائكه من أكثر المعادن استخداماً في كثير من الصناعات الهندسية والكهربائية والفنية ، كما يكثر استخدامه في مجال الفنون التشكيلية حيث يتم صب وسباكة أعمال الفن التشكيلي سواءً كانت مجسمة أو مسطحه ، وذلك لإمكانياته المتاحة والمتعددة وما تميز به من خواص سبق عرضها ، إضافةً إلى كثرة وتنوع سبائكه. وتعدد ألوا ا ، حيث وصفة المؤرخون بأنه أب لعائلة كبيرة من السبائك ، تتميز بخصائص ومميزات ساعدت على انتشاره فنياً فهي تسمح للفنان بشكيلها تشكيلاً فنياً خاصاً بأسلوبه .

---

* **الباتين :** هي وسيلة من وسائل تلوين سطح المعدن بالطريقة الكيميائية ، والتي سيتم التعرف عليها في الجزء الخاص بمعالجات سطح الأعمال البرونزية .

وتصنف سبائك النحاس إلى أربع مجموعات كالتالي :

1- سبائك النحاس الأصفر (البراس) : والتي أساسها النحاس والزنك (الخارصين) كعنصر تسابكي رئيسي فيها .

2- سبائك البرونز : وهي سبائك تتكون اساساً من النحاس والقصدير كعنصر تسابكي أساسي فيها .

3- سبائك الكوبرونيكل : وهي التي تحتوي علىالنحاس والنيكل كعنصر أساسي .

4- الفضة الألمانية : وتحتوي هذه السبيكة على النحاس والنيكل والزنك . وبالرغم من تسميتها فهي لا تحتوي على الفضة .

• سبائك النحاس

1- سبائك النحاس الأصفر (البراس) Brass :

تصنع سبيكة النحاس الأصفر أساساً من معدني النحاس والزنك , وقد أجمع الباحثون على أن نسبة النحاس فيها لا تقل عن (50 %) ، أما نسبة الزنك فذكر الدهشان (أ) (1997م) أ ا تختلف على حسب السبيكة المطلوبة , فغالباً ما يضاف إليه إضافات بسيطة من عناصر أخرى كالقصدير والألومنيوم والرصاص والمنجنيز --- إلخ تعمل على تحسين خواص سبائك النحاس الأصفر . وقد عرف النحاس الأصفر قديماً باسم " البرونز الأبيض " ، نظراً لان خواصه قريبة من خواص البرونز , إلا أن النحاس الأصفر له مقاومة الاجهادات أكثر من النحاس الأحمر النقي بالإضافة إلى سهولة تشكيله على البارد والساخن ، وصبه في قوالب حيث , إنه يستخدم بدرجة كبيرة في أغراض التشكيل والسباكة مهما كانت درجة تعقيد النموذج وتستخدم بشكل أساسي في أغراض الزينة ، وصنع التماثيل والأطباق التذكارية ، كما أنه يستخدم في الطلاء بالترسيب الكهربائي .

والنحاس الأصفر غير مقاوم للصدأ والتآكل والأحماض . وذلك لأن الزنك يبدأ بالانفصال عن النحاس في حال تأثره بالأحماض ، أو عند تعرضه لمياه البحر , لذلك فإن نسبة صغيرة لا تتعدى (4%) من العناصر الأخرى كالقصدير ، أو الألومنيوم ، أو النيكل ، أو الزرنيخ ، أو الفسفور --- إلخ ، تعمل على تحسين خواص سبائك النحاس الأصفر ، إضافةً إلى زيادة مقاومة السبيكة للتآكل والصدأ وتأثير الأحماض فلا يحدث مثل هذا الانفصال . وتؤكد نادية جاد (1986م)

" أن لهذه السبائك (النحاس الأصفر) ألواناً جذابة تتراوح ما بين اللون الأحمر المميز للنحاس في السبائك ذات المحتوى القليل من الزنك ، مروراً باللون البرونزي والذهبي ، إلى اللون الأصفر للسبائك ذات المحتوى الكبير من الزنك ويكاد يتطابق لون برونز الصاغة مع الذهب من عيار 14 ولهذا فإنه يستخدم في صناعة المجوهرات المزيفة زهيدة الثمن " (ص 73) .

وذكر الدهشان (أ) (1997م) عدة سبائك مهمة تتبع هذه المجموعة من (النحاس الأصفر) وهي :

أ- سبائك النحاس الأصفر الأحمر (Red Brass) : وتتكون هذه السبيكة من (النحاس والزنك) وتصل نسبة الزنك فيها (15%) .

ب- سبائك النحاس الأصفر المخفض (Low brass) : وتتكون هذه السبيكة من النحاس والزنك) وتصل نسبة الزنك فيها (20%) , وتستخدم في صناعة التحف والهدايا التذكارية والدروع ، والميداليات ، وسباكة الأعمال الفنية .

ج- البرونز التجاري (Commercial Bronze) : تتكون سبيكة البرونز التجاري من (النحاس والزنك) وتصل نسبة الزنك فيها (10%) , وهي سبيكة تتميز بخواص ممتازة في التشكيل على البارد والساخن , والواقع أن هذه السبيكة لا يدخل في تركيبها القصدير ، إلا أنه يطلق عليه " برونز تجاري " أو " المعدن الذهبي " .

وتستخدم هذه السبيكة في كثير من الصناعات منها صناعة الحلي التقليدية ، والتحف ، وأدوات الزينة والديكور ، وسباكة الأعمال الفنية والزخرفية .

2- سبائك البرونز (Bronsze Alloys) :

أطلق قديماً مسمى " البرونز " فقط على السبائك المحتوية على نسبة من النحاس والقصدير , ولكن في الوقت الحالي أصبح لهذا الاسم مدلول واسع ، إذ يطلق على جميع سبائك النحاس التي أساسها (النحاس ـ القصدير) مضافاً إليه أياً من العناصر التسابكية الأخرى فيما عدا (النحاس ـ الزنك) المحتوي على حوالي (12%) أو أكثر زنك كعنصر أساسي .

وفيما يلي نتناول بالعرض أهم أنواع البرونز المستخدمة في صب (سباكة) الأعمال الفنية كالتالي :

أ- البرونز القصديري (Tin Bronze) : يسمى البرونز القصدير أحياناً باسم البرونز (Bronze) فقط ، نظراً لأن هذه السبيكة هي أساس جميع أنواع سبائك البرونز المعروفة , وتعتبر سبيكة البرونز (النحاس – القصدير) هي أول سبيكة عرفها واستخدمها الإنسان فاحتلت مكانه تاريخية عظيمة , حيث عرف ذلك العصر بالعصر البرونزي , فكانت سبباً في تطور حياة الإنسان الأول , ويذكر الدهشان (أ) (1997م) " أن الإنسان القديم اكتشف " سبيكة البرونز " واستعملها – وهي سبيكة من النحاس والقصدير – ويؤكد هؤلاء المؤرخون أن الإنسان الأول قد صنع هذه السبيكة أو على الأقل طورها بعد أن اكتشف وجودها وتعرف عليها " (ص 52) .

وسبيكة البرونز القصديري هي سبيكة مكونه من النحاس المحتوي على نسبة لا تقل عن (12%) تقريباً من القصدير . وقد يضاف إليها أحياناً نسب صغيرة لا تزيد عن (1%) من الفوسفور أو الرصاص ، أو الزنك ، حيث تعمل على إزالة الأكسجين أثناء عملية الصب والسباكة . ومن أهم ما يميز سبائك البرونز قدرتها على التوصيل الجيد للكهرباء ، بالإضافة إلى متانتها وقوتها وصلادتها ومقاومتها العالية ، وتزداد هذه المقاومة بإنخفاض درجة حرارة السبيكة . كما أنها تتميز بسهولة صبها وتشكيلها ، وسهولة عمل التشطيبات النهائية على سطح المسبوكات البرونزية . إضافةً إلى تميزها بألوانها الجميلة والجذابة . كما إن لها مقاومة عالية للتآكل والأكسدة . وتؤكد ذلك باهرة القيسي (1918م) نتيجة تكون طبقة واقية من أكسيد النحاسوز على سطح البرونز . ويزداد سمك هذه الطبقة من الأكسيد في الأجواء الرطبة . وإن هذه الطبقة من (أكسيد النحاسوز) تحاط بالكربونات القاعدية التي تكُون طبقة خضراء (Malachite) أو زرقاء (Azurite) تعرف بـ (الباتينا) . وتكون هذه الطبقة من الكربونات ثابتة في حالة عدم وجود كلوريد النحاسيك القاعدي والذي عادة ما يكون وجودة غير ثابت فيمتد وجوده إلى ذات المعدن مسبباً مرض البرونز* (Bronzee Disease) .

والبرونز كما تقول باهرة القيسي (1981م) يتفاعل مع الأوساط الحامضية كحمض النيتريك في درجة الحرارة الاعتيادية ، مكوناً لوناً أزرق في ماء الحامض نتيجة تكون نترات النحاسيك ، وكذلك غاز عديم اللون هو أول أكسيد النيتروجين الذي يتفاعل مع الأكسجين في الهواء مكوناً ثاني أكسيد النيتروجين . إضافةً إلى تفاعله مع حمض الكبريتيك والهيدروكلوريك .

---

* مرض البرونز : " عبارة عن باتينا غير ثابتة وتنتج من تحول كلوريد النحاسوز في الباتينا إلى كلوريد النحاسيك القاعدي " (باهرة القيسي ، 1981م ، ص 67) .

ونظراً لارتفاع أسعار سبائك البرونز القصديري (لارتفاع تكلفة المعدنين النحاس والقصدير) فقد ظهرت أنواع آخرى من سبائك البرونز ذات نسبة منخفضة من القصدير أو التي لا تحتوى عليه ، وهي ما يطلق عليها (البرنز التجاري) والتي نوه عنها الدهشان (أ) (1997م) ومن أهم أنواعها :

- البرونز القصديري الطروق .
- البرونز القصديري المصبوب .
- البرونز القصديري المحتوي على الزنك .
- البرونز القصديري المحتوي على الرصاص .

ب- البرونز الألومنيومي (Aluminium Bronze) : هي سبيكة مكونه من (النحاس ـ الألومنيوم) . وتتفق نادية جاد (1986م) مع الدهشان (أ) (1997م) بأن نسبة الألومنيوم في النحاس تصل إلى حوالي (12%) ، وفي بعض الأحيان يضاف إليها الحديد أو النيكل أو المنجنيز وذكر معجم التكنولوجيا (1983م) أن هذه السبيكة تسمى بالبرنز رغم خلوها من القصدير . ولهذه السبيكة قوة ومتانة وصلادة عالية ، قد تصل إلى قوة ومتانة الفولاذ الطري . كما أنها تتميز بمقاومة عالية ضد التآكل والأكسدة . فهي تفوق جميع سبائك البرونز في هذه الصفة ، نظراً لارتفاع محتوى السبيكة من الألومنيوم الذي ساعد على تكوين أكسيد الألومنيوم المقاوم للأكسدة ، إضافةً إلى مقاومتها الأحماض المخففة . كحمض الكبريتيك والهيدروكلوريك .كذلك سهولة تشكيلها على البارد والساخن . أما عملية صبها في القوالب فتحتاج إلى خبرة عميقة في مجال السباكة . كما تتميز هذه السبيكة بألوان جذابة وجميلة ساعدت على استخدامها بصفة أساسية في أغراض الزخرفة ، والديكور والتحف ، الأعمال الفنية ، وإنتاج المجوهرات المزيفة التي تحاكي الذهب . وترجع نادية جاد (1986م) سبب ذلك إلى الشبه الكبير بينه وبين الذهب عيار 22 في اللون والمظهر الخارجي .

كما أن هناك أنواعاً آخرى من سبائك البرونز تحتوي على نسبة عالية من النحاس ، وتقل نسبة القصدير فيها ، أو لا تحتوي عليه رغم أنه يطلق عليها برونز ومن أهم أنواعها :

ج- البرونز الرصاصي (Leaded Bronzes) : تحتوي هذه السبيكة على (النحاس ـ القصدير ـ الرصاص) .

د- البرونز الفوسفوري (Phosphor Bronze) : تتكون هذه السبيكة أساساً من (النحاس ـ القصدير ـ الفوسفور) .

هـ - البرونز البيرليومي (Beryllium Bronze) : تتكون هذه السبيكة من (النحـاس ـ القصدير ـ البيرليوم) .

و- البرونـز الكرومـي (Chromium Bronze) : تحتـوي هـذه الـسبيكة علـى (النحاس ـ القصدير ـ الكروم).

ي- البرونز السليكوني (Silicon Bronze) : تتكون هـذه الـسبيكة مـن (النحـاس ـ السيلكون) .

ن- البرونـز المنجنيـزي (Manganese Bronze) : تتكـون هـذه الـسبيكة مـن (النحاس ـ المنجنيز) .

3- سبائك الكوبرونيكل (Cubro-niekel Alloys) :

تحتوي هذه السبيكة على النحاس مضافاً إليه النيكـل بنـسبة تتـراوح مـا بـين (10%) إلى (40%) . ويضاف إليها الحديد أحياناً ، وأضاف الدهشان (أ) (1997م) أن من أشهر سبائك الكوبرونيكل استخداماً تلك التي تحتوي على نسبة (30%) نيكل . تتميز هذه السبيكة بخواص مهمة كمقاومتها للتآكل والأكسدة ، وقوتها ومتانتها وصلابتها وقابليتها للطرق والتـشكيل علـى البـارد والساخن ، كما إنها قابلة للمط والصب في قوالب ، ولها توصيلة عالية جداً للكهرباء .

وتستخدم هذه السبيكة (النحاس ـ النيكل) في كثير من الـصناعات منـها صـناعة الأدوات والأجهزة ، وسباكة أعمال النحت ، وتشكيل الأعمال الفنية المجسمة ، والتحف ، وفي أغراض الزينة . إلا إن ارتفاع تكلفتها بشكل كبير يعيق استخدامها .

4- الفضة الألمانية (Nickel Silver) :

الفضة الألمانية عبارة عن سبيكة ثلاثية مكونة من (النحاس ـ النيكل ـ الزنك) ، وتعرف هـذه السبيكة باسم " النيكل الفضي " أو " الفضة الألمانية " أو " سبائك النحاس ـ نيكل ـ زنك " فبالرغم من أنّ اسمها يظهر فيه الفضة ، فإنها لا تحتـوي علـى الفـضة مطلقـاً . وأتفـق الدهـشان (أ) (1997م) مع نادية جاد (1986م) في أن " اسم (النيكل الفضي) الخاطئ الذي أطلق على هذه السبائك ، يأتي من اللون الفضي الذي تتمتع به هذه السبائك ، ولـيس لاحتوائهـا علـى عنـصر الفضة " (الدهشان ، صـ315) . وتضيف نادية جاد (1986م) بأن نسبة النحـاس في هـذه

السبيكة تتراوح مابين(50%) إلى (70%) ، والنيكل بنسبة تتـراوح مـا بـين (10%) إلى (30%) ، أما نسبة الزنك فتتراوح مابين (5%) و (40%) .

وتختلف ألوان هذه السبيكة باختلاف نسبة النيكل فيها . حيث تتدرج الألوان من العاجي الخفيف إلى اللون الأبيض الفضي . وهي أقرب ما تكون من سبائك النحاس الأصفر . وتتمتع سبائك النيكـل الفضي بالعديد من الخواص المغرية والمميزة فهي تحتفظ ببريقها ولمعا ا المميز في مختلف الظروف ، نظراً لمقاومتها العالية للتآكل والصدأ والأكسدة . إضافةً إلى مقاومتها للاجهـادات ، وقابليتـها للطـرق والسحب والشد والتشكيل على البارد والساخن ، إضافةً إلى سهولة صبهاوسباكتها ، فهي تستخدم في عمل كثير من أدوات الزينة والمائدة والتحف وصناعة الحلي والإكسسوارات .

تأثير الشوائب على خواص النحاس وسبائكه :

ويمكن إجمال تأثير تلك الشوائب على سبائك النحاس كما ذكرها الدهـشان (أ) (1997م) كما يلي :

1- الأكسجين : للأكسجين تأثير جيد على مساعدة تكوين أكاسيد النحاس التي تعمل على تجميـع العناصر الأخرى في صورة أكاسيد مركبة ، وفي حالة إزالة الأكسجين من السبائك لا بد من تخفـيض نسبة الشوائب .

2- الفوسفور والمنجنيز والبورون والليثيوم : لها جميعها تأثير جيد إذ إ ا تضاف إلى السبائك كعامل اختزال (إزالة الأكسجين) .

3- البزموث والانتمون : لها تأثير ضار على الخواص الميكانيكية لسبائك النحاس .

4- الرصاص : له تأثير جيد على الخواص الميكانيكية . إلا إن أهم ما يعيب وجوده في سبائك النحاس هو تقليله من مقاومة التآكل ، بالإضافة إلى إنه يعرقل عملية التشكيل على الساخن ، نظراً لعدم ذوبان الرصاص في النحاس .

5- الألومنيوم : أن وجود الألومنيوم ولو بكمية قليلة ، يصعب عملية الصب . نظراً لسهولة تكـوين أكسيد الألومنيوم الذي يتكون في صورة طبقات على حدود الحبيبات فبالتالي نحصل على صـبة غـير سليمة .

6- القصدير والزرنيخ والحديد : له تأثير جيد على سبائك النحاس إذ إ ا تزيد من مقاومة الـسبيكة للتآكل .

المبحث الثاني :

• خصائص ومعايير اختيار السبيكة المعدنية

1- درجة انصهار المعدن .
2- سيولة السبيكة .
3- مقاومة وصلابة السبيكة .
4- مقاومة السبيكة للتآكل .
5- إمكانية تقبل السبيكة للتشطيبات المختلفة .
6- تكلفة السبائك .

• مراحل تطور سباكة المعادن عبر العصور التاريخية

1- الحضارة المصرية القديمة .
2- حضارة الإغريق (في اليونان) والرومان (في إيطاليا) .
3- حضارة الشرق الأقصى (في الصين) .
4- حضارة غرب أفريقيا (إيف Ife) و (بنين Benin) .
5- الحضارة الإسلامية .
6- سباكة البرونز في عصر النهضة .

- **خصائص ومعايير إختيار السبيكة المعدنية**

عند تنفيذ مجسم يراد تشكيله ليناسب عرضه في مكان ما قد يكون عرضة للأجواء الخارجية كالرطوبة والحرارة والرياح ، أو عندما يحتوي التصميم على تفاصيل دقيقة نريد إظهارها بدقة في المسبوكة ، أو التحكم في الألوان والإمكانيات الخاصة بالتشكيل ، أو لعمل إنتاج معين أراده الفنان فهنا لا بد لنا مراعاة وضبط المقاييس الخاصة بالسبائك على حسب الخصائص المطلوبة .

ومن أهم الخصائص التي يراعى توفرها في تكوين السبائك لتنفيذ الأعمال المعدنية المجسمة والتي تناولها قدال (1998م) ما يلي :

1- درجة انصهار المعدن :

هناك بعض المعادن التي تحتاج إلى درجة حرارة عالية للانصهار ، ولكن في حالة سبكها مع معادن أخرى درجة انصهارها منخفضة ، نحصل على سبيكة تنصهر في درجة حرارة أقل ، ولكن ما يجب ألا نغفل عنه أثناء تكوين السبيكة هو البدء أولاً بصهر المعادن التي تحتاج إلى درجة حرارة عالية لانصهارها ، ومن ثم يضاف إليها العناصر (المعادن) التي درجة إنصهارها منخفضة ، بعد أن يتم تخمير المعدن* المضاف ، حتى لا يحدث تفرقعات وانفجار .

2- سيولة السبيكة :

يجب مراعاة سيولة السبيكة أثناء عملية صب المعدن ، لضمان وصوله إلى جميع أجزاء القالب خصوصاً في الأجزاء الدقيقة منه ، لأن ذلك يجعل العمل أكثر دقة , كما أن هناك بعض المعادن سريعة الانكماش والتجمد والتفاعل مع الأكسجين ، كالنحاس ، الذي يحتل المرتبة الأولى في هذه الصفة ، أما البعض الآخر فتطول درجة انكماشه وتجمده ، مما يسهل عملية سريان المعدن بداخل القالب وبالتالي نقل جميع التفاصيل الدقيقة ، كالزنك والقصدير والرصاص والفضة ، وهذه المعادن تمثل المرتبة الثانية من حيث سيولة المعدن العالية ، ففي حالة سباكة النحاس مع أحد العناصر فإنه يعطي نتائج مرضية من حيث سهولة جريان المعدن بداخل القالب . والحصول على أعمال دقيقة وجميلة .

---

* يقصد بتخمير المعدن : أي تسخينه جيداً حتى الاحمرار .

3- مقاومة وصلابة السبيكة :

يجب اختيار السبيكة المناسبة للأجواء التي سيتم عرض الأعمال المعدنية المسبوكة فيها ، فمثلاً عنـد سباكة القصدير أو الزنك مع النحاس فإن ذلك يزيد من مقاومتها وقوتها وصلابتها .

4- مقاومة السبيكة للتآكل :

يؤكد قدال (1998م) على " أن هذه الخاصية هامة للأعمال المعدنية الميدانية ، فبعض المعـادن ذات قابلية عالية لامتصاص الأكسجين أثناء الصهر مثل النحاس ، وبالتالي تكون قابليتها أعلى للتاكسد وهو خام ، مما يؤثر على مقاومتها للتآكل ، فيضاف إليه القصدير أو الألومنيوم أو الزنك ، ممـا يزيـد مقاومتها للتآكل . وقد يدخل في التركيب أيضاً السيلكون أو الفسفور بنسب ضئيلة في السبيكة لجعلها أكثر مقاومة للظروف الجوية " (صـ 74) .

5- إمكانية تقبل السبيكة للمعالجات المختلفة :

تعتبر هذه الخاصية من الصفات الهامة التي يجب على الفنان مراعاتها أثناء اختيار السبيكة فلابـد أن تكون قابلة للمعالجات المختلفة كدرجة لون معينه أو التأكيد على خاصية معينة كالبريق المعـدني ، أو الحفر ، أو الطرق ، أو الصقل ، أو التلميع ، أو التنظيف ، أو التلـوين عليهـا بالأحمـاض (البتاينـا Patina) ، أو الطلاء الكهربائي* (Elector Plating) .

6- تكلفة السبائك :

هناك بعض المعادن التي ترتفع نسبة تكلفتها المادية كالذهب والفضة والكروم والنحاس ، بينما تقل تلك التكلفة في البعض الآخر كالحديد والألومنيوم والقصدير ، فحين يسبك النحاس مثلاً مع عناصـر آخرى كالقصدير أو الألومنيوم --- إلخ ، تقل تكلفة السبيكة ، وإن الإنخفاض النسبي لتكلفة السبائك يؤدى إلى التوسع في تشكيل الأعمال الفنية المجسمة بالمعادن ، كما أنه بالإمكانية صهر الأعمال المعدنية التالفة , والاستفادة منها بإعادة تشكيلها .

---

* يقصد بالطلاء الكهربائي : ترسيب المعادن مثل النيكل أو الكروم أو الذهب --- إلخ على سطح العمل البرونـزي لتغطيته بطبقة رقيقة من نفس المعدن المرسب ، وذلك أما لحماية السطح من العوامل الطبيعية ، أو لإعطائـه مظهـراً جذاباً .

• مراحل تطور سباكة المعادن عبر العصور التاريخية

يعتبر فن السباكة والصب من أول الأساليب التي عرفها الإنسان في الحضارات السابقة ، ثم أخـذ ذلك ا ال في الاتساع والتطور حتى وقتنا الحالي فقبل التعرف على تقنيات السباكة وخطوات إنتـاج المسبوكات يجدر بنا الوقوف على الحضارات السابقة [الحضارة المصرية القديمة ، والحضارة الأغريقيـة (اليونان) ، والحضارة الرومانية (إيطاليا) وحضارة الشرق الأقصى (الصين) ، وحـضارة غـرب إفريقيا (إف وبنين) ، والحضارة الأسلامية وسباكة البرونز في عصر النهضة] والتي يرجع لها الفضل في معرفة واستخدام تقنية السباكة في تنفيذ الأعمال الفنية المعدنية كما جاءت في أدبيات الدراسة .

1- الحضارة المصرية القديمة :

عند تعرضنا لتقنيات السباكة في الحضارة المصرية القديمة نجد أن لهـا الـدور الأكـبر والفاعل في هذا ا ال . حيث ادرك الفراعنة إمكانية تشكيل النحاس بـسرعة وبـسهوله ويسر ، وذلك بصهره أولاً ثم صبه في قوالب مفتوحة . ويوضح شكل (7) عملية نقـل المعدن وصبة في القوالب .

شكل (7)
يوضح لوحة من البردي توضح عملية نقل المعدن وصبة في القوالب عند قدماء المصريين
(قدال ، 1998م ، صـ 8)

ويذكر قدال (1998م) عن " بتري " " أن هذه القوالب كانت تنحـت في قطعـة سميكة من الفخار ، ويسوى سطحها الداخلي بكـسوته بطبقـة ناعمـة مـن الطفـل والرمال " (صـ 2) .

ويضيف عبد الواحد (1967م) " أن المصريين عرفوا طريقة أسهل من ذلك ، يتم فيهـا وضـع النموذج ومن ثم طبع شكله في طين مبتـل يجفـف بعـد ذلـك ويحـرق ، فيـصبح قالبـاً مـن الفخار " (صـ 29) . كما نقّل قدال عن " الفريد لوكس " قوله " أنه استخدم الحجر لسبك المعدن ومثال ذلك قالب وجده " دي مورجان " في شبة جزية سيناء ، وأقدم دليل معروف عن صب النحاس هو " رأس الفأس " التي وجدها " برنتون " ويرجع تاريخها إلى عصر ما قبل الأسرات المتوسـطة وقـد

فحصها " سيرها ولد كادبنتر " فقرر أ ا صنعت حـسب الـشكل المطلوب على وجه التقريب بواسطة الصب ، ثم طرقت على البـارد ولدنة ، أو أ ا طرقت وهي ساخنة " (صـ 2) .

ومع مرور الزمن ألم المصريون بخبرة واسـعة في مجـال تـشكيل النحاس ، وأبلغ مثال على ذلك إتقا م لصناعة التمثال الكبير الخاص ببيبي الأول (أحد ملوك الأسرة السادسة) ، والتمثال الأصغر حجماً المرافق له شكل (8) ، وهما أقدم تماثيل معدنية معروفـة في مـصر القديمة ، كما أن أولها يعتبر أكبر التماثيل المعدنية وتذكر نعمت علام (د . ت) أن " كوبيل " عثر عليه في " هيراكنبـوليس " . ويؤكـد قدال (1998م) عن " الفريدلوكس " أن هذين التمثالين صنعا من النحاس . كما يذكر " بتري أن هذين التمثالين " بيبي وابنه " صـنع جذعه وأطرافه من النحاس المطروق لحمت مع بعضها البعض ، أمـا الوجه واليدان والقدمان فهي مصبوبتان بتقنية الشمع المفقود .

شكل (8)
يوضح التمثال الكبير الخاص ببيبي الأول والتمثال الأصغر حجماً المرفق له
(نعمت علام ،1980م صـ 18)

مما سبق يتضح أن قدماء المصريين هم الذين وضعوا الأساس لتقنية سباكة المعادن ، إضافةً إلى أن الحضارة المصرية القديمة شهدت تطوراً ملحوظاً في تماثيل البرونز ولعل الدليل على ذلك تماثيل أشخاص جالسين أو تمثال حورس .

وذكر قدال (1998م) " أن الفريد لوكس اعتبر عهد الدولة الوسطى هو بداية العصر البرونزي في مصر , حيـث أصبح البرونز شائع الاستعمال في مصر منذ الأسـرة الثامنـة عشر . وفي العصور المتأخرة استخدم بكثرة لصب التماثيـل الصغيرة " (صـ 7) , ويضيف عبد الواحـد (1997م) " أن التماثيل الصغيرة تصب مصمتة عادةً ، أما الكبيرة منـها فقد كانت مجوفة " (صـ 27) , ويوضح شكل (9) تمثال مجوف لقطة من البرونز ومراحل سبكته .

شكل (9)
يوضح تمثال لقط من البرونز ومراحل سباكته (العهد الصاوي ـ الدولة الحديثة المتأخرة) المتحف المصري بالقاهرة
(نعمت علام ، 1980م ، صـ 138)

وتشير الباحثة إلى تصنيف قدال للطرق الأساسية لتقنية سباكة البرونز عند قدماء المصريين كما يلي:

أ- تقنية سباكة الشمع المفقود الأشكال المصمتة :

استخدمت هذه التقنية في إنتاج أعمال مصمتة صغيرة الحجم . من خلال تشكيل نموذج من شمـع النحل للشكل المراد صبة ، ثم يكسى بمادة تصلح لعمل القالب قد تكون من الطين وحدة أو مخلوطـاً (بنشارة الخشب) ، ثم يطمر النموذج في الرمل في وضع معكوس ثم تسخن كل هذه المجموعة فينصهر الشمع ويسيل إلى الخارج من الثقوب المعدة لإدخال المعدن المنصهر في القالب ، فيصير القالب فارغـاً وشديد الصلابة وصالحاً للاستعمال ، ثم يصب المعدن المنصهر بداخل القالب من خلال الثقوب ويترك حتى يبرد ، ومن ثم يكسر القالب ويستخرج العمل منه .

ب- تقنية سباكة الأشكال المفرغة بالشمع المفقود :

استخدمت هذه التقنية في تنفيذ التماثيل الكبيرة ، ولا شك بأن هذه الطريقة توفر مقادير كبيرة من الشمع والمعدن . وتتلخص تلك الطريقة في صناعة الشكل المطلوب أو المجسم بالرمل (الطين) تشكيلاً مباشراً ، ومن ثم يكسى ذالك النموذج بطبقة رقيقة من شمع النحل (لتشكل طبقة النموذج المطلوب) ومن ثم يكسى ذلك الغلاف الشمعي بطبقة رقيقة من الطين ثم يطمر في الرمل أو التراب ، وبعد ذلـك تسخن تلك المجموعة (بواسطة أفران خاصة بتحميص القالب) حتى يسيل الشمع إلى الخارج , ويصبح القالب جامداً وشديد الصلابة ، ثم يصب البرونز المنصهر في الفراغ الذي كانت تشغله الطبقة الشمعية الرقيقة , وبعد تجمد المصبوبة البرونزية داخل القالب يكسر القالب الخارجي لإخراج المصبوبة منه ، أما الداخلي فيترك كما هو إلا فيما ندر .

2- حضارة الإغريق (في اليونان) والرومان (في إيطاليا) :

تمثل الحضارة عند الإغريق والرومان الغالبيـة العظمى في تطور تقنيات سباكة المعادن عمومـاً والبرونز خصوصاً ، لذلك لابد من الوقوف علـى تلك الحضارة كونها خطوة مهمـة في توسـعها لاستخدام تقنية سباكة الشمع المفقـود . واتفـق قدال (1998م) مع سعد (1980م) بأن أهم ما يميز هذه الحضارة عن سابقيها ، هو استغلال تقنية



شكل (10)
يوضح تمثال لذئب من البرونز الحضارة الرومانية 500 ق.م متحف كابيتولين " روما "
(نعمت علام ، 1980م ، صـ 298)

سباكة الشمع المفقود في تنفيذ وسباكة الأعمال النحتية (التماثيل) البرونزية الضخمة كما يظهـر في الشكل (10) حيث تعد تقنية سـباكة الـشمع المفقـود أنـسب الأسـاليب المستخدمة في سباكة الأعمال النحتيـة وخاصة الكبيرة منها فقـد اسـتخدم الإغريق والرومان تقنية خاصة في عمـل ذلك تعتمد على تقسيم الشكل وتجميعية بغرض تسهيل عملية سباكته ويتم تجميع الشكل بأسلوب العاشـق والمعـشوق ويطلق على هذا الأسلوب (الوصـلات الرومانية) ويوضح ذلك شكل (11) ويضيف جون ميلز Jone W.mills (1990م) أن تلك الوصلات كانـت تسبك من البرونز كل واحدة على حـدة

شكل (11)

يوضح أشكال مختلفة للوصلات الرومانية ، ويظهر فيها طريقة وصلها وتثبيتها بالمسامير (البراشم)

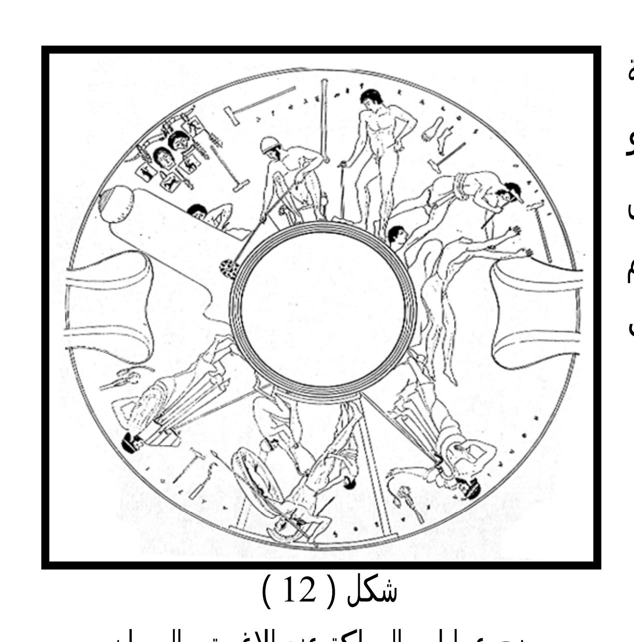
(جون ميلز Jone W.mills ،1990م ، صـ 189)

وبعد أن يتم وصلها تثبت معاً باستخدام مسامير (برشام) ، أو باستخدام اللحام ، وذلـك لتـأمين إلتصاق القطع ببعضها البعض ، ومن ثم يتم النقش فوقها فيختفي أثر الوصلات .

ويذكر أن تلك السباكة (الشمع المفقود) كانت تتم في تلك الحضارة بوضع قالب مـن الطـين المحروق بإضافة شعر حيواني ، على دعامة (ركائز) حديدية ومن ثم يكسى القلب بطبقة من الشمع ثم يصنع بعدها القالب الحراري ، ويثبت القلب مع القالب بواسطة مسامير حديدية ، ومن ثم يتم عمـل المصبات ومخارج الهواء . ويذكر قدال (1998م) أنه " يتم تحميص القالب الحراري في أفران يتم فيها ذوبان الشمع وحرق القالب الحراري وبذلك يترك الشمع المفقود مساحة مفرغة تـشغل بعـد ذلـك بالمعدن المصهور ثم إزالة القالب الحراري ، وتقطع المصبات ويتم التشطيب وتجميع العمـل بواسـطة الوصلات الرومانية ، وقد أخذت سباكة الشمع المفقود في الانتشار في تنفيذ الأعمال البرونزيـة مـن العصر الإغريقي إلى العصر الروماني " (صـ 28) ، ويوضح شكل (12) عمليات السباكة عنـد الإغريق والرومان .

أما تلوين تلك القطع البرونزية وإكسا ا ألواناً براقة فذكر سعد (1980م) أن عمليـة التلـوين كانت تتم اما باستخدام الورنيش ، أو بتعريضها للهواء حيث تتم أكسد ا عن طريق الرطوبة والعوامل

الجوية الطبيعية ، أو باستخدام الطرق الكيميائيـة للحصول على اللون المطلوب وبنتائج سريعة أو بتلوين البرونز ببودرة الذهب المخلـوط بـالزئبق ويتم ذلك بطلاء العمل أو التمثال بتلك البودرة ثم تعريضها للتسخين فيتطاير الزئبق ويبقى الـذهب ملتصقاً بسطح البرونز .

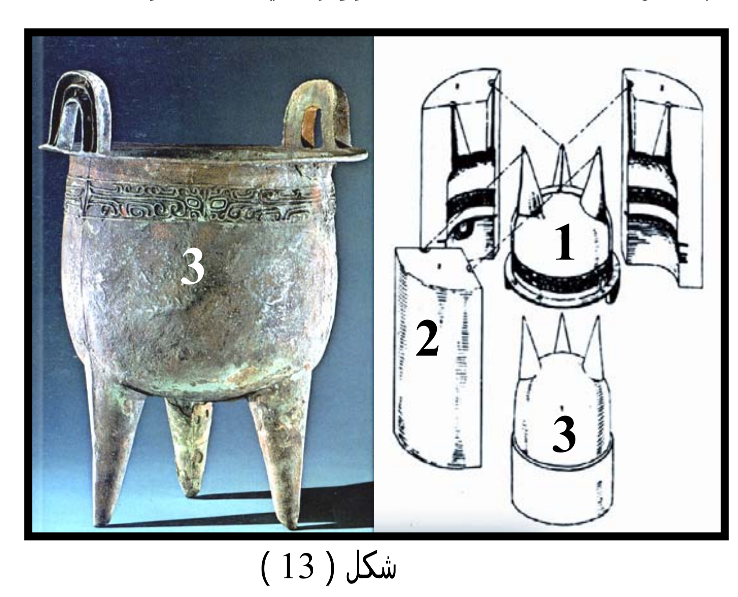


شكل (12)

يوضح عمليات السباكة عند الإغريق والرومان

3- حضارة الشرق الأقصى (في الصين) :

عند الوقوف على حضارة الشرق الأقصى في الصين تحديداً يظهر واضحاً مهارا م في تقنيات سباكة المعادن ، ويتجلى ذلك في عدد وحجم البرونزيات التي تم إنتاجها في تلك الفترة الحـضارية . حيـث تشكل تلك الأعمال الفنية تميزاً خاصاً ، مما يجعلها اليوم كنوزاً من أكثر أعمال الفن العالميـة المعروفـة براعةً وخلوداً . فقد نوه قدال (1998م) عن تقنية سباكة الأعمال البرونزية في الحـضارة الـصينية والتي تتم بصنع نموذج صلب للعمل من الطين ، ثم يغلف بطبقة من الطين لصنع القالب الحراري ، ثم تقطع إلى أجزاء وتـ ع تلك القطع من علـى النموذج لتحرق ويوضح ذلك شكل (13) وأيـضاً يحـرق النمـوذج ويصبح هو القلب ، ثم يصب المعدن المنصهر في الفراغ بين الاثنين وبمجرد أن يبرد البرونز يزال القالب والقلـب ومن ثم يـصقل سـطح المـصبوبة البرونزية .



شكل (13)

يوضح رسم توضيحي لأسلوب تقنية سباكة البرونـز في الحـضارة الصينية .

1-النموذج (القالب) .

2-أقسام القالب .

3- أنية برونزية مكتملة مزخرف من خلالا القالب .

أما في حالة وجود زخارف ونقوش في التصميم المراد سباكته فيتبع نفس الطريقة السابقة من حيث صناعة النموذج بالطين ، وتحفر الزخارف أو النقوش أوالكتابات على النموذج المصنوع مـن الطـين مباشرةً , ومن ثم يكسى النموذج بطبقة من الطين ، يتم تقسيمها بعد جفافها إلى أقسام ثم تـ ع أجزاء ويحرق القالب والنموذج ليصبح بعد حرقة فخاراً يتحمل صب البرونز ، ويتم في حينها كشط رقيـق للنموذج , ليحدد ذلك الفرق سمك البرونز الذي يصب فيما بعد في الفراغ بين القالـب (النمـوذج) والقالب , وبعد أتمام عملية صب البرونز المنصهر في فراغ القالب يخرج النمـوذج المـصبوب لعمـل المعالجات النهائية على سطحه من تنظيف وتلميع وصقل --- إلخ .

ويؤكد قدال (1998م) " أن الأعمال الضخمة والمعقدة تصنع بطريقة معينة . فقد كانت الأجزاء الصغيرة من تلك الأعمال تسبك وحدها ثم تجمع مع الشكل الأساسي الأكبر وذلـك بوضـع تلـك الأجزاء الصغيرة داخل قالب الطين ثم يصب المعدن فيلتحم الجزآن معاً " (صـ 16) .

أما عن إثبات استخدام قدماء الصينيين لتقنية سباكة الشمع المفقود فقد كـشفت عـدة مـصادر اكتشاف قطعة في "بان زون " صنعت بطريقة الشمع المفقود كو ا أكثر تطوراً من تلك التي استخدمت قوالب مقسمة ، حيث اعتبرت هذه القطعة اكتشافاً هاماً لأنه يثبت دون شك استخدام الصينيين لتقنية الشمع المفقود . ويؤكد ذلك ما ذكره سعد (1980م) عن استخدام الصينيين في سـباكة الـشمع المفقود لتلك النماذج جداراً شمعياً رقيقاً جداً يغطى بسائل طيني مخفف ، وباستمرار وضع السائل الطيني على التوالي ينم الحصول على قالب من الطين يحيط بالنموذج الشمعي .

واستخدمت هذه الطريقة في تنفيذ العديد من الفازات والتحف الفنية التي تقارب زخارفها كثيراً من زخارف الأعمال والأواني الإسلامية ، وربما يرجع ذلك لقرب الحضارتين الصينية والإسلامية ، ولموقعها الجغرافي الذي سهل الاتصال بين هاتين الحضارتين . كما تظهر براعة الفنان الصيني من حيث تجميـع أجزاء متفرقة لعمل وحدة مكتملة والإخراج النهائي للعمل ، إضافةً إلى اكتشاف الصينيين أن القوالب الطينية غير ا ففة تجفيفاً تاماً تكون عرضة للتشقق والكسر .

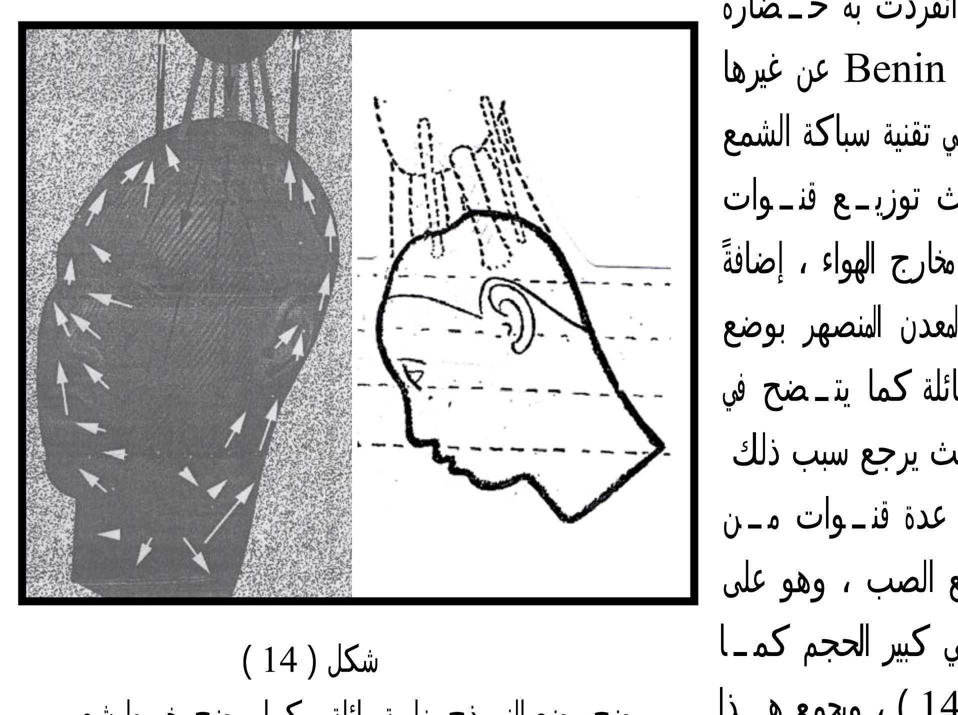
4- حضارة غرب أفريقيا (إيف Ife) و(بنين Benin) :

تحظى حضارة غرب أفريقيا بتراث فني قدير ، خاصةً منطقتي إف Ife و بنين Benin والأسلوب الفني والتقني المستخدم في سباكة المعادن البرونزية ومجال تشكيلها له أثر قوى على رواد الفن الحديث في أوربا . فقد ذكر قدال (1998م) " كان معرض ما بعد التأثيريـة (Post Impressonism)

في لندن 1910م قد أحدث ضجة من خلال ما اكتشفه " ليوفروبنس Leo Frobehues " الذي كان رائد البعثة الألمانية في داخل أفريقيا وما قدمه من معلومات لأوربا عن أول رأس مسبوك من البرونز لحضارة إف Ife " (صـ 37) .

فقد تميزت حضارة إف Ife و بنين Benin بالدقة في تقنية سباكة الـشمع المفقـود ـ رغـم الإمكانية البدائية التي استخدموها ـ الأمر الذي أدى إلى تطور التقنيات المعاصرة إلى درجة كبيرة مـن الإخلاص في إنتاج الأعمال البرونزية , لذا يتضح مدى أهمية تلك المرحلة في سباكة الأعمال البرونزية .

وبصفة خاصةً ما انفردت به حـضارة إف Ife و بنين Benin عن غيرها من الحضارات ، في تقنية سباكة الشمع المفقود ، من حيث توزيـع قنـوات الصب ، وقنوات مخارج الهواء ، إضافةً إلىطريقة صب المعدن المنصهر بوضع النموذج بزاوية مائلة كما يتـضح في شكل (14) حيث يرجع سبب ذلك الوضع إلى وجود عدة قنـوات مـن الشمع تنتهي بقمع الصب ، وهو على شكل مخروط شمعي كبير الحجم كمـا يظهر في شكل (14) ، ويجمع هـذا القمع بين فتحات صب المعدن وفتحات خروج الهواء ، حيث يساعد الوضـع المائل إلى سرعة خـروج الهـواء مـن الفتحات المعدة لذلك ليحـل محلـها المعدن المصهور .



شكل (14)

يوضح وضع النموذج بزاوية مائلة ، كما يوضح مخروط شمعي كبير الحجم في أعلا النموذج (قمع الصب) الذي يتدفق من خلاله المعدن ماراً بقنوات الصب ، وتظهر مجموعة من القنوات منها قنوات الصب ، ومنها قنوات خروج الهواء .

(قدال ، 1998م ، صـ 40 _41)

وكانت تتم عملية بناء النموذج باستخدام الطين ، ومن ثم يكسى النموذج بطبقة من الشمع ، ومـن بعدها يتم عمل قالب حراري خارجي من الطين ، ويتم تثبيت القالب مع القلب باستخدام المـسامير ويترك إلى أن يجف كل من القلب والقالب ، ومن ثم تتم عملية الحرق ، وفي حينها يتم خروج الشمع تاركاً مساحة خالية يتم ملئها فيما بعد بالمعدن المصهور بواسطة قنوات الصب .

ويؤكد قدال (1998م) على أن " فن السبك في إيف Ife منظماً جداً لدرجة أن تيار المعـدن المنصهر فوق سطح القالب يكون مغطياً كافة تفاصيل القالب الحراري الهش ، بمرور المعدن على الوجه ينساب حول الرأس دافعاً الهواء إلى أعلى فتحات الهواء كما يظهر في شكل (14) وحاملاً معـه إلى الخارج بقايا الطين الحراري المحترق حول جوانب الرأس إلى الخلف و ـذه الوسيلة كانت الأخطـاء في الصب قاصرة على المناطق الواضحة السهلة حيث يمكن إصلاحها بسهولة " (صـ 38) .

وكانت تتم عملية أصلاح المصبوبات باستخدام طريقـة حـرق الداخل (Burning in) والتي وضـحها قـدال (1998م) (طريقة إصلاح العيوب) التي تتم " بإعادة بناء الأجزاء الناقصة مـن الشكل البرونزي بواسطة الشمع ، ثم تغطى بالطين الحراري ، ويكون القلب مازال محشواً بالطين الحراري ، ثم يخرج الشمع بالاحتراق وبعد ذلك يصب المعدن المنصهر خلال المنطقة الناقصة كي يلـتحم مـع أطراف العمل الفني المعدني إلتحاماً جيداً " (صـ 39) كما يوضح شكل (15) النموذج بعد إصلاح عيوب السباكة .

شكل (15)
يوضح أصلاح عيوب السباكة
(قدال ، 1998م ، صـ 42)

وقد استفاد الفنان الحديث من تنفيذ هذه التقنيات المتميـزة في تلك الحضارات . كما أ ا فتحت أبواب التجريب المعاصر في إضافة المعادن المختلفة في العمل الفني الواحد .

5- الحضارة الإسلامية :

عند تناول الحضارة الإسلامية للوقوف على ما أنتجت من تقنيات فنية يلاحظ أ ا أخذت أسـلوباً فنياً خاصاً وصبغة مختلفة عن باقي الحضارات التي سبقتها ، من حيث التشكيل الفني للمعادن . حيـث ذكر راشل وارد (1998م) أن معظم القطع التي تم تشكيلها في تلك الفترة كانت غايتها الإستعمال الدنيوي في الغالب كما لم يكن بالضرورة صانعيها مسلمون . فتشكل النقوش والزخارف والكتابـات الإسلامية معظم سطوح الأعمال التي تم إنتاجها من الأدوات والأثاث والمصابيح وا ـوهرات والأسلحة والأجهزة الطبية --- إلخ .

وذكر راشل وارد (1998م) " أن للأدوات المعدنية مكانة خاصة في الحضارة الإسلامية ، نظراً لغياب نوعين من الأعمال المعدنية التي أخذت المرتبة الأولى في حضارات آخرى ، وهي الأعمال النحتية الخاصة بالأشكال الآدمية والأواني التي كانت تستعمل للطقوس " (صـ 9) .

فيمثل شكل (16) صندوق طعام من البرونز (سفرطاس أو مطبقية) منقوشاً بزخارف هندسية وكتابية ومطلياً بالقصدير ، يحتوي على ثلاثة أدوار فوق بعضها البعض ويعلوها غطاء .

شكل (16)
يوضح صندوق طعام من البرونز
(سفرطاس أو مطبقية) منقوشاً بزخارف
هندسية وكتابية ، ومطلياً بالقصدير ،
يحتوي على ثلاثة أدوار فوق بعضها البعض
ويعلوها غطاء
(راشل وارد ، 1998م ، صـ 130)

وأجمع الباحثون على أنه إذا وجدت أعمال معدنية تمثل أشخاص أو حيوانات كما في النوافير أو الأثاث أو الأواني فهي نفذت بهدف التزيين والأستعمال الدنيوي فقط . وقد استخدم الفنان المسلم كل معدن على حدة كالذهب والفضة لتنفيذ أعماله ، أو قد يستخدمها مع بعضها البعض لإنتاج السبائك ، ومن أكثر السبائك استخداماً " البرونز "

وقد أكد المؤرخون أهمية دور صياغ الذهب ، وصناعة البرونز ، حيث احتلوا المناصب الحكومية حين ذاك ، كما أن أعمالهم تدل على ثقافتهم العالية . وتعد أعمال المعادن مثلها مثل باقي المهن من أعمال العائلة ، التي يتوارثها الصناع أباً عن جد .

وقد قسم راشل وارد (1998م) عملية التصنيع في العصر الإسلامي إلى طريقتين أساسيتين هما :

أ) صب المعدن المنصهر بحيث يأخذ الشكل المطلوب .

ب) المعدن الصلب الذي ينفذ فيه الشكل المطلوب عن طريق استخدام إحدى عمليات الطرق أو التقبيب أو الثقب والتدوير (الفتل) .

عملية صب المعدن المنصهر : ذكر راشل وارد (1998م) عن مؤرخي القرون الوسطى أربعة تقنيات كانت معروفة لدى الصناع المسلمين وهي كالتالي :

ـ الصب في **قوالب مفتوحة :** استخدمت هذه الطريقة لصب أشياء صغيرة وبطرق بسيطة ، وتأخـذ هذه القوالب شكل سطح واحد منبسط ، وتنقش زخارف هذه القوالب مقلوبة على الصخر من أجل الاستمرارية والديمومة .

ـ الصب على الرمل : وتتم هذه العملية بضغط جانبي النموذج المراد سباكته علـى الرمـل داخـل حاضن معدني ثم يجمع الجانبان للصب . وتعتبر تلك الطريقة جيدة لصب عدة نسخ .

ـ الصب في **قوالب مؤلفة من عدة قطع :** تعد هذه الطريقة من أكثر طرق الصب استخداماً ، إذ إ ا تستخدم لـسباكة الأشكال الأكثر تعقيداً ، وتتم تلك التقنية ببنـاء الـشكل المطلوب من مادة الشمع أو أي مادة أخرى ، حول ركـائز (في حالة تنفيذ عمل مفرغ) ، ومن ثم يغطى بطبقـة مـن الطين أو الصلصال لتكوين قالب حراري جاف ، ثم يقطـع إلى أقسام ويؤخذ كل قسم بدون أن يتضرر الآخر , ويـتم التخلص من الركاز (الدعامة) إذا وجدت بداخل القالـب بسحبها للخارج بواسطة قضبان حديدية قبل صب المعـدن المنصهر في الفراغ ، ومن ثم يتم صب المعدن في فراغ القالب ويترك إلى أن يتجمد المعدن ، ثم تلصق الأقسام مع بعـضها البعض بواسطة اللحام . كما يظهر في شكل (17) قاعدة مصباح من البرونز صب في قالب مؤلف من عدة قطع جمعت باللحام مع بعضها البعض .

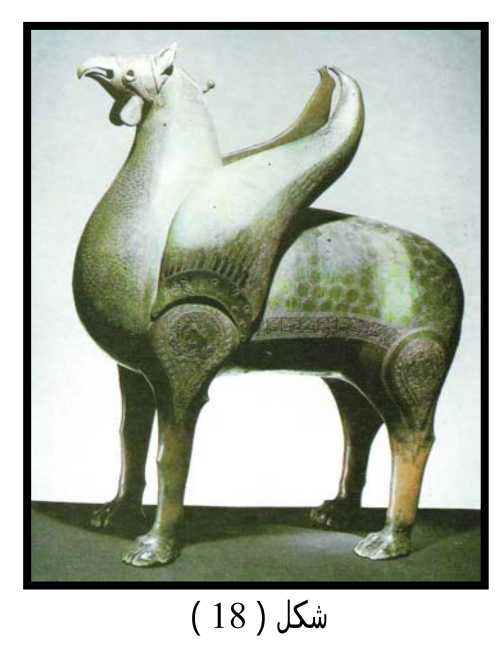


شكل (17)
يوضح قاعدة مصباح من البرونز صب في قالب مؤلف من عدة قطع جمعت باللحام مع بعضها البعض
(راشل وارد ، 1998م ، صـ30)

ـ الصب بالشمع المفقود : أشار راشل وارد (1998م) إلى أنه قد شاع استخدام تلك التقنيـة في صب الأعمال البرونزية التي تمثل التراث . كما عرفها أيضاً عمال المعادن المسلمون بأ ا عملية شـبيهة بعملية القالب المقطع إلى أقسام ، ولكن القالب ـذه الطريقة يتكون من قطعة واحدة . وتتم هذه التقنية بصهر شمع القالب إلى خارج القالب ، ثم يصب المعدن المنصهر في الفراغ الذي تركه الشمع ، وبعـد تجمد المعدن يتم كسر القالب الخارجي للحصول على المسبوكة البرونزية . ومن هذا يتضح أنه لا يمكن

استخدام القالب إلا مرة واحدة فقط ، ويوضـح شـكل (18) حيواناً خرافياً نفذ بصب البرونز على أربع قطـع ثبتت تلك القطع مع بعضها ببرشام معدني .

ويذكر الباحثون أنه من الصعب التمييز بين ما صـنع ذه الطريقة وما صنع بطريقة القوالب المقسمة إلى عـدة قطع . ويضيف راشـل وارد (1998م) أن عمليـات تشكيل وصب تلك الأعمال كانت تتم داخل ورش مجهزة بمعدات السباكة بما فيهـا القوالـب والمعـدن والأدوات والأفران وكذلك الصناع المتخصصون ، بالإضـافة إلى أن هناك سباكين متجولين يقومون بتلك العملية ، من خـلال صب الأعمال الكبيرة في مواضعها .



شكل (18)
يوضح حيواناً خرافياً نفذ بصب البرونز على أربع قطع ثبتت تلك القطع مع بعضها ببرشام معدني
(راشل وارد ، 1998م ، صـ 74)

6- سباكة البرونز في عصر النهضة :

استفاد الفنانون كثيراً في عصر النهضة من التقنيات المستخدمة في الحضارات التي سبقتها خاصةً بعد إكتشاف التماثيل البرونزية الإغريقية والرومانية المنفذة بتقنيات السباكة والصب ، وتميـزت سـباكة البرونز في عصر النهضة بإنشاء التماثيل صغيرة الحجم ، إضافةً إلى الأعمـال ذات الحجـم الطبيعـي المستخدمة في إنشاء التماثيل .

ويمكن تقسيم عصر النهضة إلى قسمين أساسيين هما :

أ- عصر النهضة في إيطاليا .

ب- عصر النهضة في ألمانيا .

أ- عصر النهضة في إيطاليا :

ذكر نجيب (1997م) بأن البداية الفعلية لتنفيذ الأعمال البرونزية في ذلك العصر كانـت اثـر المسابقة التي أقامها حكام مدينة فلورنسا " لعمل تصميم لوحات برونزية تزخرف فيها أبواب معمدانية فلورانس ، حيث اختير موضوع المسابقة لوحة تصور قصة سيدنا إبراهيم وابنه إسحق عندما أرسل لـه الله الملاك جبريل ليفتدي ابنه بالكبش العظيم – فاشترك في هذه المسابقة أشهر الفنانين في ايطاليا أمثال

لورنزو جيبرتي ، وفليبو برونكسي ، ودوناتلّو ـ وقد فاز في هذه المسابقة لورنزو جيبرتي لقوة تصميمه وجمال خطوطه " (صـ 102) . ويضيف قدال (1998م) أنه حين أدرك مجلس المدينة قيمة ذلك العمل سمح له بإنشاء تماثيل برونزية (في مشكاة كنيسة النقابة للقديس ميشيل) بـدلاً مـن الحجـر عام (1416م) رغم تكلفته العالية ، إلا إن ميزاته جعلته ذا أهمية خاصةً من حيث متانته وصـلادته وصموده ، إضافةً إلى أنه أرقى من الحجر .

ويؤكد قدال (1998م) " أن الأبواب الأولى لهذه المعمدانية قد شكلها اندريا بيسانو Andrea Pisano عام 1330م وقد تم صبها بواسطة خبراء من فينسيا ، وربما لهذا جاء تأثير فينسيا على نحاتي فلورنسا ، بينما تم سبك البابين الثاني والثالث كذلك التماثيل البرونزية الضخمة ـ في أستديو جيـبرتي (Ghiberti) الذي أسس مدرسة في سباكة البرونز تلقى فيها معظم الفنانين الـشبان تدريبـهم في ذلك العصر على مدى أكثر من نصف قرن " (صـ 46) .

وتشير الباحثة إلى تصنيف قدال (1998م) للمدارس التي ظهرت في عصر النهضة الإيطالي المستخدمة لتقنية سباكة البرونز وهي كالتالي :

ـ **مدرسة دوناتلّو Donatello :** تدرب دوناتلّو في أستديو جبرتي Ghiberti حين كان يساعده في تنفيذ أبواب المعمدانية ، وكان دوناتلّو أكثر جراءة في التجديد من جبرتي ، حيث كان أول فنان منذ العصر القديم ينفذ تمثالاً عارياً كاملاً من البرونز الضخم .

كما أنشأ دوناتلّو في ذلك العصر بايطاليا ثلاث مدارس خاصة بفن السباكة أثنـاء سـفرة لرومـا Roma ، وبادوا Padua ، وسينا Sienna ، وكان تلامذته شغوفين بسباكة التماثيل الـصغيرة إضافةً إلى أن الجامعة الواقعة بمدينة بادوا Padua لعبت الدراسات الإنسانية فيها دوراً هاماً مع الطلبة المتخصصين في الأعمال العتيقة ، حيث زود م بالمعلومات المختصة في صناعة وصب التماثيل الـصغيرة من البرونز .

وقد أخرجت مدينة بادوا Padua مجموعة ضخمة من الشبان الصغار الـذين برعـوا في صـب مجموعة أعمال لدوناتلّو ، والتي أتقن عن طريقها مجموعة كبيرة من الفنانين هـذه التقنيـة (سـباكة البرونز) أمثال بلانو Bellano ، وأندريا بريسكو الملقب بـ رتشو Riccio .

ـ **مدرسة رتشو Riccio :** أنشأ ريتشو في القرن السادس عشر مسبكاً خاصاً في بـادوا Padua أطلق علية الفنانون مدرسة آلرتشو Il Riccio ، تقوم على أساس دراسة فنية واقتصادية في الإنتـاج لتسويق منتجاته . فكانت أعماله تلك من أكثر الأعمال المنحوتة جمالاً في عصر النهضة ، حيث يمثـل

شكل (19) تمثالاً من البرونز فنلاحظ فيه أسلوباً مـن العظمـة والكمال والدقة في التصميم ، والرقة في حركة الجـسم ، وتـأثره بالكلاسيكية في التصميم ، إضافةً إلى اهتمامه الجيـد بالتـشطيب والإخراج النهائي للعمل ، حيث تميز رتشو Riccio بتلوينه للعمل مستخدماً عملية الباتين . فكثيراً ما كان يخرج أعماله باللون الأسود أو الأحمر ، أو الأخضر كما في شكل (20) .

وينوه قدال (1998م) بتطور تقنيات سباكة البرونز في عصر النهضة خاصةً في عملية الباتين . حيث أمكن للفنان إثـراء اللـون الأسود والأحمر والأخضر من خلال اللمعان الشديد ، بواسطة نوع من الورنيش الخاص الذي كان يضفي على الأعمال رونقاً يخلق منها رؤية كلاسيكية مميزة .


شكل (19)
يوضح تمثالاً من البرونز مدرسة رتشو

ـ مدرسة أنطونيـو بولايلـو Antonio Pollaiuolo :

أنطونيو بولايللو هو أحد أفراد الجيل الثاني لمدرسة جيبرتي تطورت على أيديهم سباكة البرونز تطوراً حقيقياً ، كما أن أهم ما يتميز به بولايللو عن غيره تشكيله عدة تماثيل صغيرة إضافةً إلى استفادته من خام البرونز في تطوير تصميمه بعمل إيقاعات ، تحقق قيمة التـوازن في كتلة العمل والفراغ المحيط به ، ويظهر واضحاً من خلال أعماله تأكيده على الإمكانيات التي تتيحها تقنيات سباكة البرونز من حيث تنفيذ أشكال عنيفة متحررة من القيود التي تتطلبها الأحجام الكبيرة أو التي قد تعطي إحساساً بالتوتر وعدم الاستقرار . إضـافةً إلى أن بولايللو أستغل كل زاوية رؤية ، حتى الرؤية من أعلـى للـشكل المجسم . بالإضافة إلى تميزه بدقة فائقة في عمليات التشطيب الشاملة للعمل ، فكان يحول عيوب السباكة إلى مميزات .

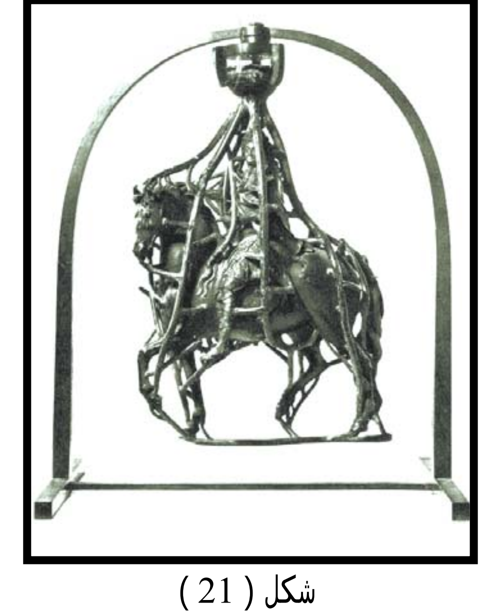

شكل (20)
يوضح أستخدام رتشو للبتينه على سطح العمل

- **مدرسة برتلدودي جيوفاني Bertoldo Di Giovanni :** يعـد جيوفـاني مـن تلاميـذ دوناتلّو . ويؤكد نجيب (1997م) وقدال (1998م) أن أشهر ما يميز ذكرى جيوفاني ثلاثة أشياء :

> أولها إنه كان تلميذاً ومساعد لدوناتلّو وأستاذاً لمايكل أنجلو أي أنه كان حلقة وصـل بـين الأساتذة العظام الفلورنسيين في القرن الخامس عشر وأساتذة القرن السادس عشر . ثانيهما إنه قد جاء وصفة على لسان فازاري Vasari إنه أول رئيس لأكاديمية الفن والذي قيـل أن لوري و العظيم قد أسسها في حدائق ميديتشي . وثالثهما إنه قد طور طابعاً جديداً في النحت ذي الحجم الصغير - من أجل الاقتناء الخاص ، حيث يعتبر أول فنـان في عـصر النهـضة يتخـصص في أعمـال كـثيرة صـغيرة جـداً مـن البرونـز والنحـت البـارز والميداليات (قدال ، صـ 48) .

كما يظهر من خلال أعماله البرونزية إهتمامه بالحس الكلاسيكي المتناغم والملئ بالقيم الفنية كالتوازن والإيقاع والحركة والإحساس بكتلة العمل .

- **مدرسـة ليونـاردو دافنـشي Leanardo Da Vinici :** تأثر ليوناردو دافنـشي بجيوفـاني في تنفيـذ ا سمات ذات الحجم الصغير . فقد قام بعمل نحت مصغر للوحته المشهورة معركة الخيـل ، كمـا يـضيف نجيـب (1997م) تأثر ليوناردو بأسلوب ببولايللو إلى إنه سرعان مااستقل بأسلوب خاص به . ويظهـر اهتمـام ليونـاردو دافنشي بدراسة العلوم الأخرى التي تتخللها التقنيات ، مثل تقنية التركيبات الآلية لحركة الحيوانات . فأثـار الحـصان اهتمام ليوناردو دافنشي بالدراسة وهـذا مـا اتـضح في شكل (21) ، فقد درس مشاكل سبك البرونز من أجـل أن يقوم بصب هذا العمل .



شكل (21)
يوضح نسخة مصغرة من تمثال الفروسية يبين مخارج الهواء وهي ما تزال متصلة بالشكل لنرى أماكنها الصحيحة (قدال ، 1998م ، صـ 52)

- **مدرسة بينفينوتو شيلليني Benvenuto Cellini:** تفوق شيلليني في القرن السادس عشر بفلورنسا في فن سباكة

البرونز , وذكر قدال (1998م) " كانت مذكرات شيلليني " Cellini " تحمل معلومات واضحة من أهمها بالنسبة لنا وصفة السبك - وأهم التجارب والمخاطر التي واجهته أثناء السبك - " (ص 50) . إضافةً إلى اعتباره أستاذ السبك (الصب) للبرونز في فلورنسا أو باريس زانوبي Zanobi الذي قام بنجاح بصب شكل مصغر من تمثال Midusa .

ب- عصر النهضة في ألمانيا :



شكل (22)
يوضح طائر مسبوك من البرونز يوضح فيها قوة التعبير الطبيعي من نحت أوئل القرن السابع عشر

يعتبر انتشار فن سباكة البرونز في ألمانيا أقل منه في إيطاليا رغم أنه تم صب بعض الأعمال الشهيرة بالبرونز في تلك الفترة بألمانيا ، اضافةً إلى أن صلة النحاتين الألمان لم تكن قوية برجال المسابك ، حيث كان اتصالهم الوحيد الذي يتم لاستنساخ أعمال برونزية منحوته من الخشب أو الحجر ، إضافةً إلى استخدام مدينة " أوجسبرج " لتقنية مشهورة استخدمت في إيطاليا وهي الاستنساخ من الطبيعة ، حيث إن هذه الطريقة لا تحتاج عمل نموذج أولى بالصلصال أو الخشب .

وحققت هذه الطريقة التقنية رمزاً للجمال التشكيلي باستخدام الحيوانات الصغيرة كالطيور أو السلاحف --- إلخ شكل (22) الذي يعطي انطباعاً مباشراً من الوحوش باستخدام الشيء نفسه .

كما كان مسبك فيشر Vischer في نورمبرج نشيطاً جداً في إنتاج الأعمال البرونزية , فقد أنتج عدة تماثيل صغيرة من البرونز لها أصول خشبية كما صب عدداً من النوافير المزخرفة .

ويضيف قدال (1998م) أن " ماكسميلان " أقام مسبكاً في موهالو لصنع تماثيل كان يريدها لصب مقبرته وكانت تشمل كل أسلافه من بيت هانسبرج ، وأيضاً مئات من التماثيل الصغيرة للقديسين . وكان يشارك في هذا العمل ثلاثة من الفنانين ، فكان " جورج كوديلر " مصمماً لتلك الأعمال ، وشكّلها " ليوناردوت ماجت " ، أما " ستيفان جولد " قام بسبكها ، وامتازت تلك الأعمال بجودة عالية من حيث التشطيب والإخراج بعد عملية الصب ، إضافةً إلى دقتها ونوعية البرونز المستخدم لسبكها مما حقق لها عظمة كبيرة .

المبحث الثالث :

- **الأدوات والمعدات المستخدمة في تقنيات السباكة**
- **أنواع تقنيات سباكة المعادن**

1 ـ سباكة الرمل .

2 ـ سباكة الشمع المفقود .

3 ـ سباكة الكساء .

4 ـ سباكة تحت الضغط (الصب في إسطمبات) .

5 ـ سباكة الطرد المركزي .

6 ـ سباكة الترسيب الكهربائي .

- **المعالجات اللازمة لإنهاء العمل المسبوك**

1- قطع المصبات وقنوات الهواء .

2- تنظيف المسبوكة .

- **أسباب عيوب المسبوكات وطرق علاجها**
- **معالجة وإصلاح عيوب السباكة**
- **المعالجات اللونية والملمسية للأعمال البرونزية المسبوكة**
- **إجراءات الأمن والسلامة**

تمهيد :

منذ أول تاريخ المعادن و تعدد أنواعها وإختلاف ألوا ا ، والإنسان يعمل على استغلالها في شـتى مجالات الحياة , فكان يتم تشكيلها بدايةً بطرق وأساليب بدائية ، إلا أنه سرعان ما توصل إلى معرفـة تأثر جميع المعادن بالحرارة ، فاستغل ذلك بتسخين المعدن ومن ثم تشكيله بالطرق ، وحين تطور إدراكه للعلاقة بين المعدن و النار توصل إلى درجة واضحة و متقدمة في تـشكيل المعـدن , حيـث أثبتـت الدراسات حين ذاك أن تلك المعادن تصل إلى درجة الانصهار بتعريضها للهب الشديد ، ومن ثم صب المعدن المنصهر في قوالب خاصة تصنع من الحجر أو الطين أو الشمع . وهذا ما اتـضح مـن خـلال الأعمال الفنية التي تم التعرف على تقنيا ا المتبعة عبر الحضارات التي تمّ تناولها في المبحث السابق .

وبمرور الوقت وتقّدم العلوم وتكثيف التجارب على تشكيل المعادن باتباع طرق وسـائل مختلفـة أدخلت الكثير من التعديلات على طرق الصب (السباكة) المتبعة في ذلك الوقت , والتي أدت بدورها إلى التحسين الأدائي لتقنيات السباكة في التشكيل الفني والذي يتم بتشكيل المعدن وهو في حالة السيولة وذلك بصب المعدن المنصهر في قالب يحتوى على فراغ يأخذ شكل المسبوك (النموذج) المطلوب .

وأشار قدال (1998م) إلى أهم مميزات استخدام السباكة في تنفيذ العمل التشكيلي :

1 ـ دقة و جودة النتيجة .

2 ـ الحصول على مسبوكات معقدة التفاصيل .

3 ـ تحقيق القيم التشكيلية المتمثلة في الإتزان و الإرتكاز على نقطة .

4 ـ تفادي تلف العمل الأصلى .

5 ـ تحقيق الانتشار للعمل الفني .

6 ـ أرخص طـرق التـشكيل و الإنتـاج بالجملة.

7 ـ تخفيض تكلفة العمل الواحد .

ونجد أن المسابك المتخصصة بمجال النحت في العالم الآن تقوم بصناعة قوالب مرنـة مـن مواد حديثة تقوم بنقل تفاصيل العمل التشكيلي جيداً , ويمكن بواسطتها إنتاج أكثر من نـسخة



شكل (23)

يوضح الفنان وهو يقوم بترقيم النسخ على حسب أولية سبكها بالنسبة للعمل الواحد

(جون ميلز Jone W.mills ، 1990م ، صـ32

شمعية ، ويقوم المسبك والفنان بترقيم النسخ على حسب مجموعها الكلي شكل (23) فالنسخة الأولى ترقم 6/1 مثلاً لعدد ستة نسخ ، والنسخة الثانية 6/2 لعدد ستة نسخ وهكذا , ويتم ذلك لمعرفة عدد النسخ الموجودة للعمل التشكيلي .

• الأدوات والمعدات المستخدمة في تقنيات السباكة

لتشكيل أعمال برونزية مصبوبة بإحدى تقنيات السباكة ، يلزم استخدام بعض من الأدوات المعدات الشائع استخدامها في مثل هذه التقنيات (سباكة الرمل - سباكة الشمع المفقود) والتي ذكرها عبد الواحد (1967م) وستيف هورست Steve Hurst (1996م) وقدال (1998م) حيث صنفتها الباحثة إلى ثلاث أقسام تبعاً لاستخدامها مع تلك التقنيات . فهناك مواد ومعدات تستعمل في تقنيتين **سباكة " الرمل والشمع المفقود "** كالبواتق وملاقيط البوتقة والأفران وعدد قطع المجاري والمصبات وعدد تنظيف المسبوكات (كالفرش والأزاميل) , **ومعدات خاصة بسباكة " الرمل "** كالريازق والتزجة ومدك التزجة وكيس التعفير والمناخل وشوكات رفع النماذج والمنافخ والترابيزات والأسبتوليات وصناديق الرفع , **ومعدات خاصة بسباكة " الشمع المفقود "** كالدلاليك وحوامل الدلاليك وأدوات معدنية خاصة بتشكيل النموذج الشمعي .

وفيما يلي يتم التعرف على تلك الأدوات والمعدات التي تشترك فيها تقنيتين سباكة الرمل والشمع المفقود أما الأدوات والمعدات الخاصة بكل تقنية يشار إليها في الجزء الخاص بتلك التقنية لاحقاً :

الأدوات والمعدت المستخدمة في **سباكة الرمل وسباكة الشمع المفقود :**

1- البواتق : تستعمل البواتق لحمل المعدن أثناء صهره في الفرن ، أو عند نقله من الفرن إلى مكان صب المعدن في القوالب كما يوضحها شكل (24) .



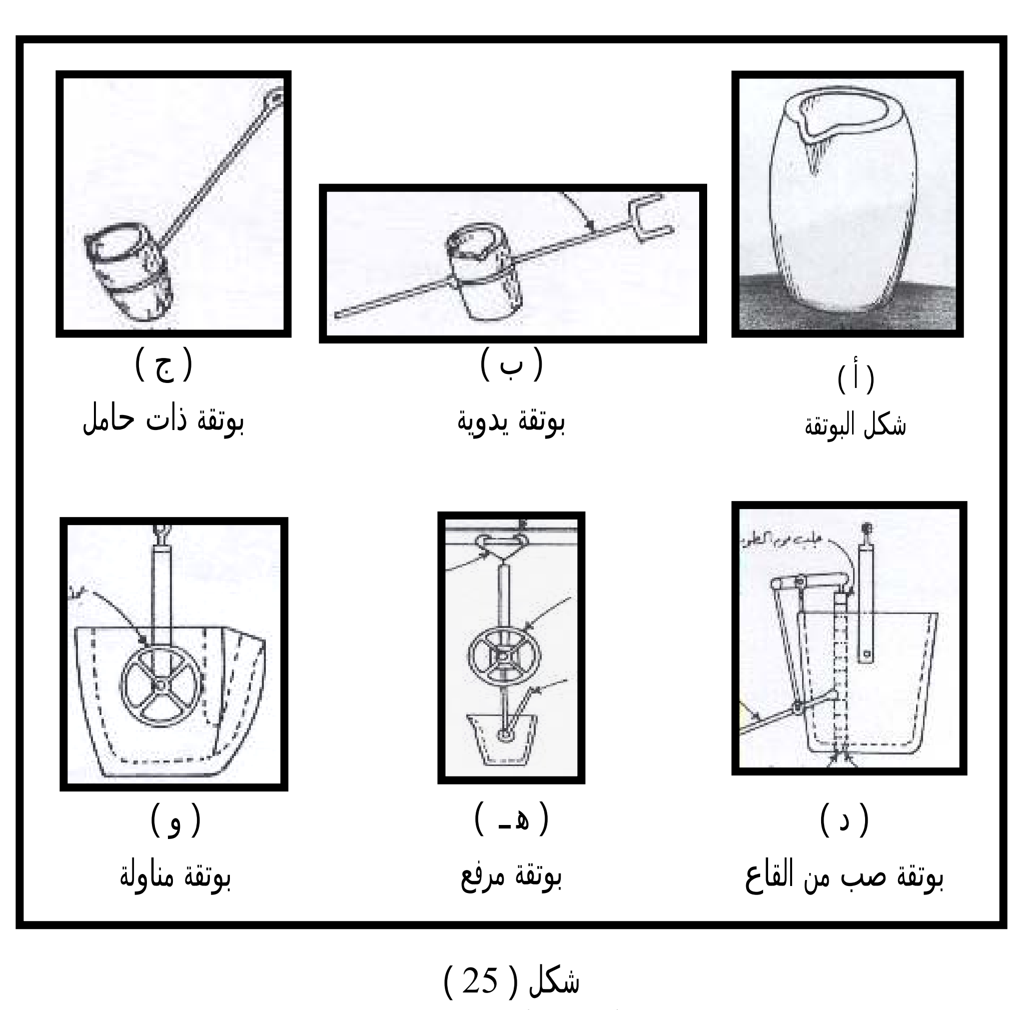
شكل (24)

يوضح صهر المعدن في البوتقة وحمله لصبه في القوالب

http://www.collectorsguide.com/fa/fa023.shtml

ويضيف قدال (1998م) أنه " عادة ما تصنع البواتق من مخلوط من الجرافيت الأسـود ونـوع خاص من الطينة ـ وللبواتق أحجام مختلفة شكل (25) يختار منها السباك الحجم الذي يكفي لصهر المعدن المراد صبه بالكيلو جرام ـ فالبواتق الصغيرة صنعت بمقاسات من الـصفر إلى 10 ، وتحمـل البواتق رقم 10 تقريباً 5 كجم من النحاس . وتتراوح مقاسات البواتق رقم 20 حوالي 30 كجـم . وعند استعمال بوتقة جديدة يجب رفع درجة حرار ا إلى 120° لبضع ساعات " (صـ 223) .

ويجب التأكد من جفاف البوتقة قبل ملئها بالمعدن المنصهر ، لأن وضع البوتقة رطبة في فرن ساخن يؤدي إلى تشدخها ، كما يجب تجنب حشر البوتقة باختيار الفرن المناسبة لحجمها ، ويجب عدم تـرك البوتقة في الفرن بعد أن يجهز المعدن للصب ، كما يجب عدم ترك أي معدن في البوتقة ليبرد بل يجب أن يفرغ في فجوة من الرمل ، وبعد صب المعدن من البوتقة تترك لتبرد ببطء ، لأنه التغيير السريع لدرجـة حرارة البوتقة يؤدي إلى كسرها أو تخدشها أو تقشيرها .



شكل (25)
يوضح أشكال وأحجام مختلفة للبواتق
(الخطيب وأيوب ، د . ت ، صـ 101)

2- ملاقط البوتقة : تستعمل ملاقط البوتقة في رفع البوتقة من الفرن ، حيث ذكـر سـتيف هورسـت Steve Hurst (1996م) إن هذه الملاقيط صممت بمقاسات مختلفة بحيـث تناسب أحجام البواتق ، كما أن للملاقط أنواعاً متعدده فمنها اليدوي الذي يمسك باليد ، ومنها الآلي الـذي يمـسك بروافـع ميكانيكيـة شكل (26) .

شكل (26)
يوضح أحجام وأشكال مختلفة لملاقيط البواتق
(جون ميلز John W. Mills ، 1990م
صـ 74)

3- الأفران : تستعمل الأفران في صهر المعدن أي تحويله من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة بواسـطة الحرارة ، وأجمع المؤلفون على تعدد أنواع الأفران المستخدمة في المـسابك . فمنـها **فـرن الدسـت (الكيلوبلا)** والذي يستخدم غالباً في صهر الحديد بأنواعه ، كما تستخدم **الأفران الكهربائية** كفرن القوس الكهربائي وفرن الحث الكهربائي ، وغالباً ما تستخدم الأفران الكهربائية في صـهر الـصلب .

وهناك نوع آخر من الأفران وهي **أفران البوتقة** شكل (27) و تستخدم هـذه الأفران في صهر المعادن غـير الحديديـة فمنها ما يكون ثابتاً في أرضية المـسبك شكل (28) الـتي وصـفها راشـد (وآخرون) (1999م) بأ ا تتكـون من " حفرة تحت سطح الأرض مبطنـة بالطوب الحراري وتحتوي على حجـرة للاحتراق توضع في هذه الحفرة مجموعة من البواتق المشحونة بالمعدن ، ويمكن أن تلامس البواتق حجرة الاحتراق أو تكون بعيدة عنها وتسخن بواسـطة غـازات



شكل (27)
يوضح أفران البوتقة
(راشد (وآخرون) ، 1999م ، صـ 57)

الاحتراق الناتجة من وقود صلب كفحم الكوك أو وقود سائل كالسولار أو أحـد أنـواع الغـاز " (صـ 57) شكل (29) . واتفق معه في ذلك الخطيب وأيوب (د . ت) وقـدال (1998م) وأضاف عبد الواحد (1967م) أنه غالباً ماتتحدد سعة هذه الأفران بحجم أبعاد البوتقة المستخدمة .

أما الأفران التي تستخدم في تحميص القوالب الحرارية فهي شبيهة إلى حد كبير ـذه الأفران إلا إ ـا مخصصة لتحميص القوالب الحرارية .

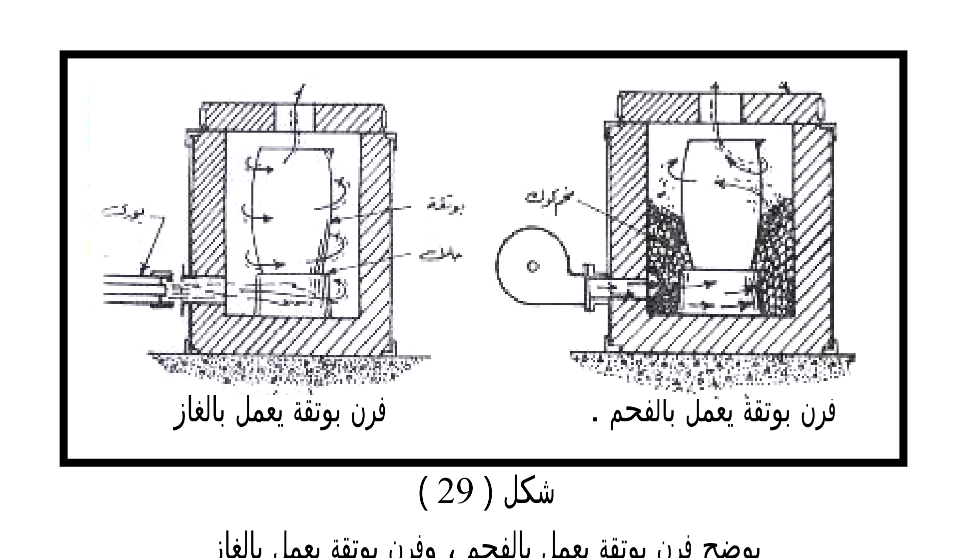
فرن به بواتق متعددة

فرن مفرد ويظهر بجانبه ملقاط للبوتقة

شكل (28)

يوضح نموذجين لحفرة البوتقة تحت سطح الأرض

(الخطيب وأيوب ، د . ت ، صـ 99) و(جون ميلز John W. Mills ، 1990م ، صـ 109)



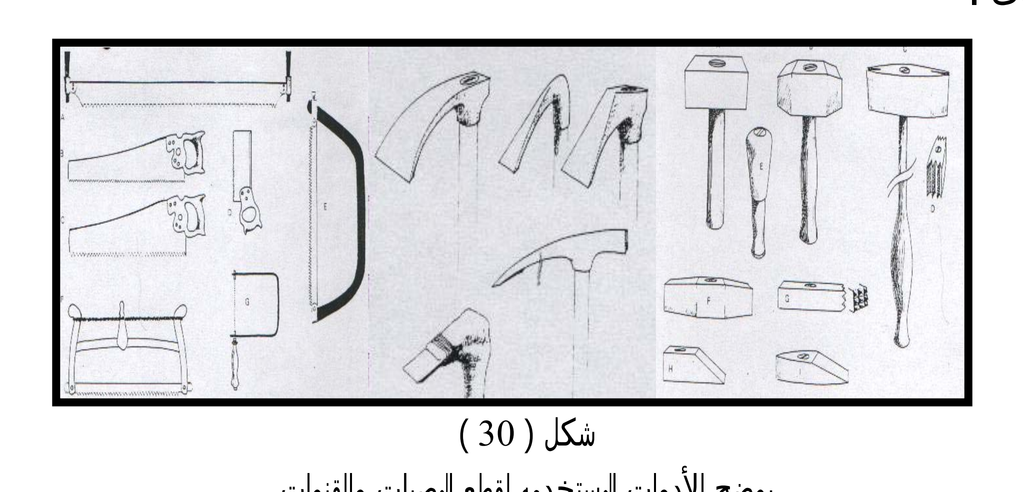
شكل (29)

يوضح فرن بوتقة يعمل بالفحم ، وفرن بوتقة يعمل بالغاز

(الخطيب وأيوب ، د . ت ، صـ 99)

4- عدد قطع ا اري والمصبات : تستعمل عدداً خاصة لعمل مجرى للمعدن وأخرى لخروج الهـواء كما تستخدم عدد خاصة بقطع (كسر) المصبات وقنوات الهواء كالمطارق ، والمقـصات والمناشـير والصاروخ كما تستخدم الأزاميل في كسر المصبات وفصلها عن المسبوكات ، وغالبـاً مـا تـصنع

الأزاميل من الحديد الصلب ، ويوضح شكل (30) تلك العدد والأدوات المستخدمة لقطع ا ـاري والمصبات .



شكل (30)

يوضح الأدوات المستخدمه لقطع المصبات والقنوات

(جون ميلز John W. Mills ، 1990م ، صـ 212 صـ 232 صـ 233)

5- عدد تنظيف المسبوكات : تستعمل الفرش لتنظيف النماذج والمسبوكات ، وللفرش عدة أنـواع فمنها الناعمة التي تستخدم في تنفيض النموذج ، ومنها الصلب المصنوع من الـسلك وتـستخدم في تنظيف المسبوكات ، ويصنع السلك من الصلب المبطط بعد معالجته حرارياً ، وأيضاً فرشـاة العجلـة السلك التي تستخدم في تنظيف المسبوكات ، وفرش المياه التي تستعمل لبل الرمل عند خط الفصل حول النموذج أو أي مكان آخر في القالب حسب المطلوب (في سباكة الرمل) ، وتبليل القالب الحـراري (في سباكة الشمع المفقود) ليساعد على توليد بخار أو رطوبة تمكن الشمع من الخروج بالكامل .

كما تستخدم أداة التجليخ الكهربائية ، والمبارد لازالة البروزات والنتوءات والزعانف وتعمل جميعها على تنظيف سطح المسبوكة .

• أنواع تقنيات سباكة المعادن (Casting)

و تقسم عمليات سبك المعادن إلى عدة أنواع كالتالي :

1 _ سباكة الرمل .

2 _ سباكة الشمع المفقود .

3 _ سباكة الكساء .

4 _ سباكة تحت الضغط (الصب في إسطمبات) .

5 _ سباكة الطرد المركزي .
6 _ سباكة الترسيب الكهربائي .

وسيتم التركيز على النوع الأول (سباكة الرمل) والنوع الثاني (سباكة الشمع المفقود) لا مهـا محط الدراسة والتطبيقة .

1- سباكة الرمل :

تعد سباكة الرمل من أهم الأنواع المستخدمة في عمليات سباكة المعادن وأكثرها انتـشاراً علـى الإطلاق وتستخدم بصفة عامة لإنتاج أكبر كمية من المسبوكات أو إنتاج قطعة واحدة معقدة الـشكل أو كبيرة الحجم ، مهما كان نوع المعدن المصبوب في قوالب الرمل . وتسمى المنتجات ـذه التقنيـة " مصبوبات الرمل " .

وتتفق الباحثة مع تعريف قدال (1998م) عن تقنية سباكة الرمل " بأ ا تقنية إنتاج مـصبوبات معدنية من قوالب مصنوعة من الرمل " (صـ 209) .

يتركب رمل السباكة من السيلكا مضافاً إلية مواد أخرى لتحسن من مقوماته وتزيد مـن متانتـه والنموذج (الذي يصنع لعمل الشكل المطلوب سبكه نسخة معدنية) يكون منفذاً من مـادة صـلبة لتتحمل قدراً كبيراً من الضغط عليها (الدك والاهتزاز) فقد تكون مصنوعة من اللدائن أو الجـبس أو الخشب أو المعدن أما في حالة إنتاج عدد كبير من النسخ فيفضل أن ينفذ النموذج من الخشب أو المعدن ويتم ذلك بوضع النموذج بداخل ريزق* ثم يدك الرمل من حوله ويكون الدك إمـا يـدوياً أو أليـاً ولإخراج النموذج من داخل الريزق يجب فتحة بعناية ثم سحب النموذج ليترك تجويفاً بالقالب الرملـي ليتسنى صب المعدن المنصهر في فراغ القالب . وللمحافظة على شكل القالب الرملي يجب أن يكـون النموذج خالياً من القطع السفلي (الخلوص Under Cut) ، وهذا ما يميز سباكة الشمع المفقود عن سباكة الرمل من حيث إمكانية صب النماذج المعقدة أو التي ا تفاصيل دقيقة .

---

* الريزق (إطار ساند) " عبارة عن صندوق من المعدن أو الخشب ، يوضع داخلة نموذج القطعة المطلوب صبها ، ثم يملأ الإطار الساند بالرمل ويكبس , وبعد ذلك يستخرج النموذج تاركاً مكانه فجوة القالب وقد يتكون الإطار الساند من قطعة واحدة أو أكثر " (عبد الواحد ، 1967م ، صـ 57) .

ويمكن حصر المراحل الأساسية التي تمر ا عمليات السباكة كما ذكرهـا الـصباغ (1975م) كالتالي :

1- عمل النموذج ، وتشكيل القلب والقالب .
2- صهر المعدن .
3- السكب والتجميد .
4- إخراج المسبوك وتنظيفه ومعالجة سطحه .
5- الإ اء والتهذيب .

وتعتبر المراحل السابقة أساسية لكل مسبوكة يتم إنتاجها أي أنه لابد من مرور المـسبوكة بتلـك المراحل وما يتخللها من تقنيات وإجراءات لابد من إتباعها بدقة ، وسيتم التعرف عليها بالتفصيل بعـد التعرف على رمل السباكة من حيث أنواعه ومكوناته وخصائصه .

الرمال المستخدمة في المسبك :

إن المصدر الأساسي لرمل المسبك هو ثاني أكسيد الـسيلكون (الـسليكا) Sio_2 ، ويوجـد في الطبيعة على شكل صخور الكوارتز التي تحطمت بفعل العوامل الطبيعية وتدحرجت وترسبت في الكثبان وفي البحيرات وعلى شواطئ الأ ار والبحار وفي الطبقات السفلى من الأرض مرتبطة ، بعضها بـبعض عن طريق الطمي والماء .كل ذلك أوجد الكثير من الأشكال المتنوعة لرمل المسبك والـتي يـستخرج بعضها بالتعدين ويستعمل كما هو دون معالجة في حين نجد البعض الآخر يحتاج إلى معالجة ، وذلـك بإضافة ما يلزم له من العناصر (كالماء ، الرمل ، الطفل) ليكتسب خواصاً تجعله صـالحاً للاسـتخدام كرمل للمسابك , وتعتمد الخواص المطلوبة لرمل المسبك على عوامل كثيرة مثل نوع المعدن المطلـوب سبكه ، ومقاس وتصميم المسبوك (ا سمات) ومواصفات أخرى للمسبوك تشمل التفاوتات البعدية ونعومة السطح ، وعندما يصعب الحصول على الرمال التي تناسب المواصفات المطلوبة مـن المـصادر الطبيعية فإ ا تصنع بتوليف العناصر المختلفة صناعياً وخلطها مع بعضها البعض .

أنواع الرمل المستخدم في السباكة :

1- الرمل الطبيعي :

اتفق ف. بتراك (د . ت) مع الباحثون بأن الرمل الطبيعي وهو الذي يتكون أساساً مـن رمـل الكوارتز والذي ينصهر عند حوالي1770° م يعتبر مقاوماً للحرارة ، وهذا الرمل خال من الـشوائب ويستخدم مضافاً إليه الطفل (مادة رابطة) ومواد (إضافات) أخرى لتسهل مـن عمليـة تـشكيل القالب ، ويستخدم لتشكيل القوالب الاستهلاكية (التي تستخدم مرة واحدة فقط) الرمل الأخضر أو الرمل الجاف أو الطفل الرملي .

وهناك مصطلحات يكثر استخدمها في هذا المجال وهي كالتالي :

الرمل الجديد : وهو الرمل الذي يؤخذ من مصادرة الطبيعية خالياً من الشوائب .

الرمل المستعمل : وهو الرمل الذي سبق إستخدامة في صناعة القوالب مرة واحدة أو أكثر .

الرمل المكون (حديث الخلط) : وهو الرمل المخلوط برمل جديد ومواد أخرى بنسبة 30 % تقريباً.

رمل الظهارة : وهو الرمل المخلوط حديثاً ، والمحضر بعناية فائقة ، والمغربل والمنخول فـوق سـطح النموذج الخاص بتشكيل قالب الرمل الأخضر ، لأن السباكة في هذه الحالة تجرى بواسـطة قالـب لم يجفف مسبقاً .

ويؤكد ف. بتراك (د . ت) " بان قوالب الرمل لابد وأن تتميز بأربع خواص وهي : أن يكـون قابلاً للتشكيل ، ومتماسكاً ، وصامداً للحرارة ، ومنفذاً للغازات " (صـ 41) .

ويراد بتلك الخواص التي يجب أن يتميز بها رمل القوالب ما يلي :

أ- قابلية التشكيل : ويقصد بها إمكانية تشكيل الرمل بسهولة حسب الشكل المطلوب للقالب .

ب- التماسك : ويقصد بها قدرة الرمل على مقاومة الانجراف بتأثير سكب المعدن في تجويف القالب .

ج- الصمود للحرارة : ويقصد بها منع المعدن المنصهر من حرق القالب أو إحداث نقر فيه .

د- إنفاذ الغازات : أي السماح للغازات والأبخرة الناتجة أثناء السباكة بالهروب من خلالا رمل القالب إلى الهواء الخارجي .

وتتوقف جودة المصبوبات على توافر هذه الخصائص في رمل السباكة . لأن قابلية التشكيل تـؤثر على جودة الأسطح ، وتماسك الرمل يؤثر على الدقة البعدية للمصبوبات أي يـساعد علـى إنتـاج مصبوبات مطابقة للأبعاد المحددة ، أما خاصية الصمود للحرارة فهـي تـؤدي إلى تـسهيل تنظيـف المصبوبات وأخيراً نفاذية القالب للغازات التي تمنع حدوث فجوات غازية (بخبخة) في المصبوبة ، وتوفّر هذه الخاصية يعمل على ملء فراغ القالب بالمعدن تماماً ,

2- الرمل الصناعي (التخليقي) :

أتفق قدال (1998م) مع ف. بتراك (د . ت) على أن قوالب الرمل تكون جيدة إذا تـوافرت فيها تلك الصفات السابقة وطابقت مكونا ا للنسب الصحيحة ويتوقف وجود هذه الخواص في الرمل على شكل حبيباته وحجمها ، وعلى كيفية توزيعها فيه ، وعلى مقدار ما يحتويه من الطفل أو المـواد الرابطة الأخرى ، وأخيراً على نسبة تراب الفحم والماء فيه . وقد تتحقق هذه الخواص إذا كان رمـل الكوارتز والطفل من رتب ممتازة ثم جرى خلطهما وفقاً لنسب محددة بدقة ويعـرف رمـل القوالـب المركب ذه الطريقة بالرمل الاصطناعي ، أو التخليقي (أي الرمل الذي اصطنعه الإنسان وركبه) وقد أثبتت الدراسات المقارنة أن استخدام هذا النوع من الرمل يخفض نسبة الهالـك (الخـردة) بمقـدار 0.2% تقريباً .

مكونات رمل السباكة :

يتكون رمل السباكة الرطب (الأخضر) أساساً من مخاليط ثلاثة عناصر هيدرولية أشار إليها قدال (1998م) وراشد (وآخرون) (1998م) وهي كالتالي :

أولاً : حبيبات الرمل ، ذات مقاس وشكل مناسبين ويكون لمقاسا ا توزيع منتظم .

ثانياً : مادة رابطة (الطَفل) .

ثالثاً : الماء (نسبة الرطوبة) .

أولاً : الرمل :

ذكر راشد (وآخرون) (1999م) إن المادة الكلية لرمل السباكة " تحتـوي علـى 50% إلى 95% من حبيبات الرمل (ثاني أكسيد السليكون) على الأخص " (صـ 85) . ويضيف قـدال (1998م) " أن رمال السباكة من الناحية الكيميائية يحتوي على السيليكا، الألومنيا وأكسيد الحديـد والجير والماغنسيا وقليل من القلويات والماء المتحد ومواد عضوية " (صـ 211) .

وقد تختلف حبيبات الرمل من حيث تركيبتها المعدنية ، وبنسبة الطين فيها ومن حيث شكل حبيبا ا وحجمها وتوزيعها ، فمنها الزاوي وشبة الزاوي ، والمستديرة ، والمركبة كما يظهر في شكل (31).

1- أشكال حبيبات الرمل :

أ- الزاوي : ويتميز بحدة أركانه .

ب- شبه الزاوي : وهي شبيهه بالحبيبات الزاوية إلا أن أركا ا ملفوفة , ويتميز الرمـل الـزاوي وشبه الزاوي بأ ما أكثر تلامساً لحبيبا مـا ممـا يعطينهما مقاومة عالية ، وتحتاج رمال المسبك التي تتكون من الحبيبات الزاوية إلى مادة رابطة أكثـر ورطوبة أعلى.

ج- الحبيبات المستديرة : وتتميز هذه الحبيبـات بأ ا كاملة الاستدارة مما يقلل من تلامس الحبيبات وعلى هذا الأساس تكون القوالب المصنوعة منـها أكثر طواعية لخاصية النفاذية (المسامية) ، ويحتاج الرمل منها إلى قليل من المادة الرابطة . إضافةً إلى أن القلوب والقوالب المستخدم فيها هذا النوع مـن الرمل يتم تحميصها بسهولة كبيرة ، إلا أن مقوما ا الميكانيكية أقل من تلك القلوب والقوالب المصنوعة من أشكال حبيبات الرمل الآخرى ، حيث إ ا تجرف(الحبيبات المستديرة) إذا ما تعرضـت لجريـان المعدن , إضافةً إلى إنفصالها (تفككها) بسرعة أكبر عندما تسخن .

شكل (31)
يوضح أشكال حبيبات الرمل وحجمها وتوزيعها
(راشد (وآخرون) ، 1999م ، صـ 86)

د- الحبيبات المركبة : وهي الحبيبات التي يرتبط بعضها ببعض ، بحيث يـصعب فـصلها بواسـطة المناخل . وقد تتكون هذه الحبيبات من أي من الأشكال الثلاثة ، ويقل استخدام الرمل المكـون مـن الحبيبات المركبة في عملية السباكة نظراً لاحتمال تكسر القوالب المصنوعة منها عند درجات الحـرارة المرتفعة .

ويتضح مما سبق تأثير شكل الحبيبات على قدرة تجميع وترابط هذه الحبيبات ودرجة المسامية كذلك فإن حجم الحبيبات له تأثير على خواص رمل المسبك كما يلي :

2- حجم وتوزيع حبيبات الرمل :

يمكن للرمال الخشنة (ذات الحبيبات الكبيرة) ، والرمال الناعمة (ذات الحبيبات الصغيرة) أن تنتج أعلى مقاومة ترابط اعتماداً على العنصرين التاليين اللذين ذكرهما راشد (وآخرون) (1999م) وهما كالتالي :

أ- سطح التلامس بين **حبيبات الرمل .**

ب- عدد الحبيبات المتلامسة .

تكُون الرمال الخشنة أسطح تلامسها صغيرة بالمقارنة بسطوح تلامس الرمال الناعمة فعند استخدام نفس الكمية من الطمي في الخليط ، تكون المساحة الموزعة من طبقات الطمي على الرمال الخشنة أكبر سمكاً منها في الرمال الناعمة ، فيؤدي ذلك إلى قوة تماسك عالية رغم أنه يضعف النفاذية ، وكلما صغر حجم حبيبات الرمل كثر عدد الأوجه المتلامسة في الخليط فيؤثر ذلك على قوة تماسك الرمل ,كما أن نفاذية الرمل الناعم (الصغير) للغازات ضعيفة ومقاومتها للانصهار منخفضة ، إلا أن ما يميز الرمـل الناعم إنتاج أسطح ناعمة للمسبوكات . أما الرمال الخشنة (الكبيرة) فتكون أسطح الأعمال المسبوكة الناتجة عنها خشنة ، إلا أن نفاذيتها أعلى من الرمل الناعم ، إضافةً إلى أن مقوما ا للانصهار مرتفعـة وقابليتها للدك أعلى من الرمل الناعم .

وثبات حجم حبيبات الرمل في الخليط الواحد يزيد من معامل النفاذية نظـراً لان تعـدد حجـم الحبيبات (اجتماع حبيبات الرمل الكبيرة مع الصغيرة) بالخلطة الواحدة يتيح الفرصة للحبيبات الصغيرة (الناعمة) بأن تحتل الفراغات البينية للحبيبات الكبيرة (الخشنة) فبالتالي تمنع نفاذية الغازات للخارج مما يؤدي إلى أن تنتج مسبوكة مليئة بالتجاويف الغازية (البخبخة) , إلا أن ما يميز إخـتلاف حجـم الحبيبات هو الحصول على قلوب وقوالب قوية وذات أسطح ناعمة فبالتالي تكون أسـطح الأعمـال المصبوبة ناعمة .

ثانياً : المادة الرابطة (الطفل) :

يحتوي رمل السباكة عادةً على حوالي 20 ـ 50% من الطفل الذي يعتبر المصدر الرئيسي لمتانـة القالب ومطاوعته في التشكيل بعد إضافة كمية مناسبة من الماء ، وبذلك يكون الطفل هو " الـرابط " لرمال السباكة . وقد يوجد الرمل في الطبيعة مخلوطاً بالطفل بالنسب الملائمة في بعض الرواسب المعدنية طبيعياً ، بحيث يمكن استخراج الرمل من المنجم واستخدامة مباشرةً في السباكة فيعرف عندئـذٍ برمـل السباكة الطبيعي ، أما في الرمال الأخرى التي يكون فيها الطفل أقل من النسب المطلوبة فيجب إضـافة الطفل الرابط ليعطيها قوة ومتانة ومقاومة ومطاوعة للتشكيل .

ويعرف قدال (1998م) الطفل بأنه " أصلاً عبارة عن أكوام من حبيبات بلورية متناهية في الدقة وهي عادةً على شكل قشور ، ويمكن تقسيمها على أساس تركيبها إلى مجموعات قليلة تعرف بالمعادن الطفلية " (صـ 212) .

والمعادن الطفلية التي تستخدم كإضافات رابطة للرمل تشمل الأنواع التالية :

1- أنواع البنتونايت .

2- أنواع الطفل الحراري (الكاولينات) .

3- أنواعاً خاصة من الطفل (هالوبسايت ، ايلليت) .

ويعتبر النوعان الأول والثاني هما الأكثر استخداماً في رمل السباكة . ويعتبر الطين الحراري وأنـواع البنتونايت ومسحوق السيلكا وأكسيد الحديد روابط غير عضوية تدخل في رمل السباكة لتعطية متانـة عالية ، وتكسبه أسطح ملساء (ناعمة) .

ثالثاً : الماء (نسبة الرطوبة) :

أكد قدال (1998م) بأن إضافة كمية من الماء تتراوح مابين 1.5 ـ 8.00% تعمـل علـى تنشيط الطفل في الرمل ، وتعد هذه النسبة أفضل نسبة تقريباً لإعطاء الخليط قـوة ومتانـة وطواعيـة للتشكيل , ويمكن إضافة نسبة الرطوبة للرمل بالخبرة , إذ أن زيادة نسبة الماء عن تشبع الخليط ينتج قالباً أقل متانة ، كما يضيف راشد (وآخرون) (1999م) أن تلك الزيادة في نسبة الرطوبة تؤثر علـى خاصية النفاذية بصورة سالبة ، إذ ينتج عنها ظهور فجوات هوائية وعيوب بالمسبوكات .

واتفق راشد (وآخرون) (1999م) وقدال (1998م) مع عبد الواحد على أن هنـاك مـواد خاصة يمكن إضافتها إلى جانب العناصر الرئيسية الثلاثة السابقة (الرمل ، الطفل ، الماء) والتي يمكن أن تضاف لابراز إحدى الخواص المعينة المرغوب فيها ، أو مجموعة منـها , وكـثيراً مـا يـشار إليهـا بـ" الإضافات " كدقيق الغلال ومسحوق القار (الزفت) والفحم الحجري المطحون وزيت الوقـود ودقيق الخشب (مسحوق) وأكسيد الحديد والبيرليت والعسل الأسود والدكـسترين والـتي سـيتم التعرف عليها فيما يلي :

1- دقيق الغلال : وهو كما ذكره قدال (1998م) " عبارة عن دقيق الذرة المطحون جيداً أو النشا الجلاتيني المطحون المستخرج من الذرة وتتراوح النسبة المضاف منه مابين 0.25 ـ 2.00% وتضاف هذه المادة للرمل لتزيد من متانة الرمل الأخضر أو الجاف وزيادة قابليته للأ يار " (صـ 215) .

2- مسحوق الزفت (القار) : الزفت مستخرج ثانوي من صناعة فحم الكوك ، ويقطـر الفحـم الناعم عند حوالي 35ف ، وتتراوح درجة انصهاره من 350 ـ 600ف ، ويتجمد تـدريجياً مـع الوقت ، فكلما انخفضت درجة حرارته يظهر تأثيره كرابط . وقد يضاف الزفت لرمل السباكة وحـده أو مخلوطاً بالدكسترين ، حيث إن إضافة الزفت لرمل السباكة تعطيه متانه عالية تعمل عند درجـات الحرارة المرتفعة على تماسك القالب الرملي وصلادته .

3- الفحم الحجري : عرفه راشد (وآخرون) (1999م) بأنه عبارة عن فحم ناعم مطحون جيداً يضاف للرمل المستخدم في سباكة الحديد الزهر الرمادي والحديد القابل للطرق ، وبه مواد طيارة تصل نسبتها إلى 36 ـ 40% تقريباً والباقي منه كربون . وإضافة هذا الفحم الحجري لرمل السباكة يعمل على تحسين ملامس السطوح ويسهل عملية تنظيف الأعمال المصبوبة .

4- الجيليسونات : عرفه قدال (1998م) بأنه معدن إسفلتي صلب قابل للتطاير بدرجة كافية مثل الفحم الحجري ويستخدم لتحسين ملامس السطوح إلا أنه أقوى تأثيراً ويـستخدم بنـسبة 0.4 إلى 0.8% تقريباً .

5- زيت الوقود : يضاف زيت الوقود أحياناً ليحل محل نسبة ضئيلة من الماء ليعمل على خفض النسبة المئوية الكلية للرطوبة لرمل السباكة .

6- دقيق الخشب : يضاف أحياناً أنواع كثيرة من دقيق الخشب لرمل السباكة بنسبة تتراوح مـابين 0.5 ـ 2.00% وذلك لتزيد من استقرارها الحراري ، ومساميته العالية ، التي تقوم بضبط تمدد الرمل حيث تترك فراغاً بعد احتراقها عند درجات الحرارة العالية .

كما يمكن استخدام السليلوز وقشور الحبوب كمواد قابلة للاشتعال لنفس الغرض ، ويمكن إضافتها معاً بنسبة 5.0 إلى 8.0% .

7- مسحوق السيليكا : ذكر قدال (1998م) أنه يستخدم مسحوق السيليكا المطحون بإضـافته لرمل السباكة بنسبة تصل إلى 35% لتزيد من متانة الرمل عند درجات الحرارة المرتفعة .

8- أكسيد الحديد : أكد قدال (1998م) أن أكسيد الحديد الأحمر يضاف ناعماً في بعض الأحيان لرمل السباكة بنسبة مئوية صغيرة تتراوح ما بين 0.25 إلى 1.00% لزيادة متانة الرمل عند درجـة الحرارة المرتفعة .

9- العسل الأسود والدكسترين : ذكر قدال (1998م) " يضاف العسل الأسود غير المكرر الذي يحتوي على 60 إلى 70% من السكر الصلب إلى الرمل لزيادة متانتـه عنـد تجفيفـه ، ويـستخدم الدكسترين لنفس الغرض " (صـ 216) .

الخصائص العامة لرمل السباكة الجيد :

تعد رمال المسبك العنصر الرئيسي لعملية السباكة لأ ا تكّون القالب الرملي الذي يحتوي الفـراغ المشكل للعمل المطلوب . وللحصول على مسبوكة جيدة وخالية من العيوب ، يراعي توفر الخـصائص التالية لرمال المسبك ، وهي كما تناولها راشد (وآخرون) (1999م) وقدال (1998م) :

1- قوة تماسك الرمل الرطب : أكد راشد (وآخرون) (1998م) بأ ا الخاصية الـتي يجـب أن يكون عليها الرمل الرطب (أي بعد خلطة بالماء) من قوة تماسك ومتانة مناسـبتين لعمـل القالـب وتناوله ، ويجب أن يظهر الرمل هذه المتانة أثناء عمل القالب عندما يكبس ليأخذ الشكل المطلوب .

2- متانة الرمل الجاف : اتفق قدال (1998م) مع راشد (وآخرون) (1999م) بأنـه " عنـد صب الشكل ، يفقد الرمل اللاصق للمعدن الساخن مائه بسرعة في صورة بخار ، ويجـب أن يكـون للرمل الجاف متانة كافية لمقاومة النحـر ، وكـذلك ضـغط ثقـل المعـدن المنـصهر والا اتـسع القالب " (قدال ، صـ 213) .

3- المتانة عند درجة الحرارة المرتفعة : ذكر راشد (وآخرون) (1999م) إنه يقصد ـا قـدرة الرمل على الاحتفاظ بمتانة عند درجة الحرارة العالية فوق (100°م) ، وذلك بعد تبخـر الرطوبـة الموجـــودة به ، لان الضغط الناتج عن ثقل المعدن المصبوب (السائل) المرتكز على حوائط القالب قد يكون سبباً في اتساعه ، كما أنه إذا استمر انسياب المعدن فقد يحدث نحراً أو تشققاً أو كسراً إذا لم يكون للرمـل متانة مناسبة عند درجات الحرارة المرتفعة .

4- النفاذية (قابلية التخلل) : عند صب المعدن المنصهر في القالب يتولد مقدار كبير مـن البخـار والغازات الأخرى في قالب الرمل الرطب ، وذلك بسبب الحرارة الموجودة في الشكل ، ويجب أن يكون

القالب منفذاً للغازات (مسامياً) لكي يسمح بخروج الغازات وإلا احتوى الشكل على ثقوب وتجاويف غازية .

5- الإستقرار الحراري : ويقول راشد (وآخرون) (1999م) : " تسبب حرارة المعدن المسبوك تمدداً سريعاً في سطح الرمل عند السطح الداخلي للقالب الملاصق للمعدن ، عند ذلك يتشقق سطح القالب أو ينبعج أو يتقشر إذا لم يكن رمل القالب مستقراً نسبياً في أبعاده تحت تأثير التسخين السريع " (ص 77) .

6- قوة احتمال الحرارة : ذكر راشد (وآخرون) (1999م) أن مقاومة الرمل للانصهار وعدم ليونته أو التصاقه بالشكل المسبوك يساعد على جودة سطح الشكل وسهولة تنظيفه .

7- توصيل الحرارة : يؤكد أ. ماليشيف (وآخرون) (1973م) أن توصيل الحرارة يؤثر على القالب وبنيته حيث أنه يؤدي إلى سرعة تبريد المعدن المصبوب في القالب . ويتوقف توصيل الحرارة على درجة رطوبة القالب ولذلك كثيراً ما يلزم تجفيف القوالب المستعملة لسباكة المسبوكات الكبيرة من الصلب والزهر لتقليل توصيلها للحرارة .

8- الانسياب (سهولة التشكيل والضغط) : اتفق قدال (1998م) مع أ. ماليشيف (وآخرون) (1973م) على أهمية أن يكون الرمل قابلاً للكبس والضغط الجيد عند عمل القالب بطريقة الرج ، أو الضغط ، أو القذف ، أي يجب أن ينساب الرمل قليلاً تحت تأثير ضغط المعدن الذي ينكمش نتيجة للتبريد . فالقوالب غير المنتظمة والهشة التي تشكل من رمل (قابليته للانسياب ضعيفة) ، قد تسبب إزدياداً في حجم الشكل أو تشققاً أو خشونة في سطوحه وخصوصاً في الحوائط الجانبية .

9- إنتاج سطوح ملساء : أن تكون حبيبات الرمل دقيقة لأن ذلك ينتج أشكالاً حوافها وأسطحها ملساء .

10- قابلية الانهيار : ذكر راشد (وآخرون) (1999م) " أن الرمل الساخن الذي يصبح صلداً كالصخر وتصعب إزالته من الشكل المسبوك قد يتسبب في تمزق أو تشقق المعدن المنكمش . لذا يجب أن يصبح الرمل هشاً قابلاً للإنهيار بعد تصلد المسبوك " (ص 78) .

11- إعادة الاستخدام : دعا راشد (وآخرون) (1999م) إلى " أن يكون الرمل المستخدم قابلاً لإعادة استخدامه مع قليل من الإضافات التي تكون قد فقدت نتيجة صب المعدن المنصهر في القوالب " (ص 78) .

12- سهولة التحضير : أكد راشد (وآخرون) (1999م) " على ضرورة أن يكون الرمل سهل التحضير من مكوناته ، وأن يكون التحكم فيه سهلاً . حيث إنه يتكون ببساطة من حبيبات الرمل والمادة الرابطة والماء " (ص 78) .

القوالب المستخدمة في تقنية سباكة الرمل :

يعرف عبد الواحد (1967م) القوالب بأنها " الأداة التي تستخدم في المسبك لتشكيل المصبوبة المطلوبة " (ص 36) .

وتعتبر القوالب هي الأساس لإنتاج مصبوبات جيدة , لذلك كثيراً ما توصف المصبوبات وعمليات الصب بأسماء المواد والطرق المستخدمة في صنع القالب , ويضيف ف. بتراك (د. ت) أن هناك نوعان من القوالب أحدهما " وقتي " ويستخدم لمرة واحدة فقط ، والثاني دائم " معمر " وهي التي تستمر لفترة طويلة , وتسمى القوالب الوقتية بالقوالب " الهالكة " ، لأنها تستهلك بعد استخدامها مرة واحدة ، ثم تكسر لاستخراج المصبوبة المشكلة وتنظيفها . أما رمل القالب الهالك فيمكن إعادة استخدامه مرة بعد أخرى . وقد يتكون القالب من رمل رطب ، أو رمل جاف ، أو الطفل الرملي ، وجميعها مواد طبيعية . أما القوالب الدائمة فتسمى بـ" المعمرة " وتتركب رمال هذه القوالب من مواد هيدروليه*

---

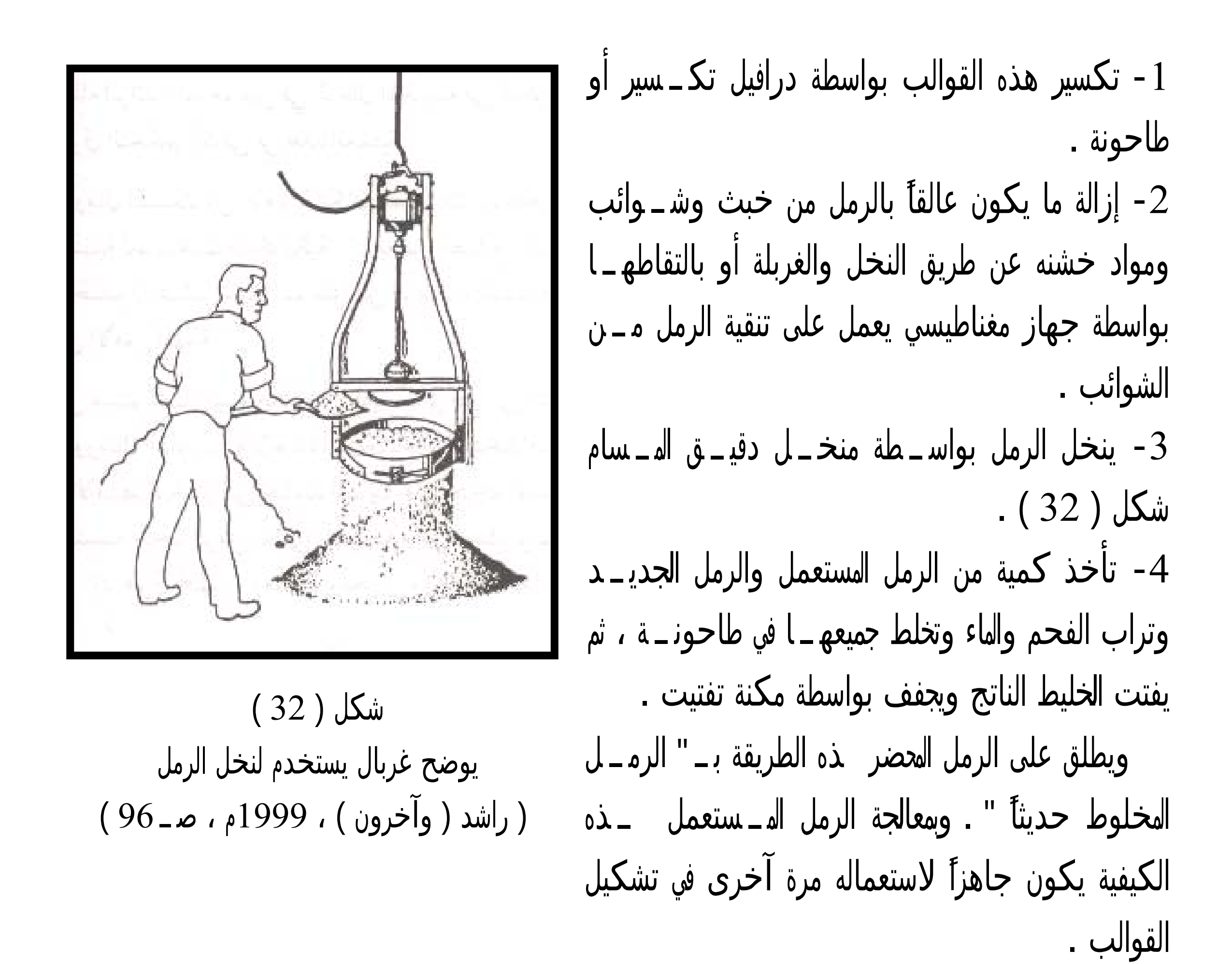
* مواد هيدرولية : ويقصد بها " المواد الرابطة التي تحتاج إلى الماء كي تشك (تتصلد وتتماسك) ومن ثم تؤدي إلى ربط أجزاء القالب بعضها ببعض ، ومنها أسمنت بورتلند ، وخبث أفران الدست (الكيوبولا) والرماد الناعم المتخلف عن حرق الفحم البني . وهي تسمى أيضاً مواد الترابط غير العضوية التي تقابل الطفل الموجود في الرمل الطبيعي " (ف. بتراك ، د . ت ، ص 43) .

رابطة كالإسمنت وتستخدم لإنتاج أكبر عدد من المصبوبات التي تعتمد على أشكال بسيطة , كما قد يطلق على هذه القوالب (الدائمة) اسم قوالب التبريد الفجائي .

وقد اتفق الباحثون مع ما ذكره ف. بتراك (د . ت) من تقسيم للقوالب الرملية إلى مؤقته كقوالب الرمل الرطب ، وقوالب الرمل الجاف ، والقوالب المصنوعة من قلوب رملية ، وقوالب الرمل الأسمنتي ، والصب في أرضية المسبك ، وتستخدم هذه القوالب في التشكيل الفني والصناعي . و" **قوالب دائمة** " والتي تصنع عادةً من المعدن أو السيراميك (الخزف) ، وغالباً ما تستخدم في التشكيل الصناعي ، أما " **القوالب الرملية الهالكة** " وهي الأكثر استخداماً في مجال الفن ، وهي التي استخدمت تقنيتها لتطبيق أعمال تجربة هذا البحث . إضافةً إلى أن هناك نوعاً آخر من تلك القوالب والتي يتم تنفيذها مباشرةً في أرضية المسبك حيث ذكر عبد الواحد (1967م) وراشد (وآخرون) (1999م)أن هذه الطريقة " **الصب** في **أرضية المسبك** " تستخدم في حالة صب الأعمال المشكلة والمعقدة كبيرة الحجم ، والتي يتراوح وزنها من طن إلى أكثر من 100 طن ، حيث يصعب تشكيلها في قوالب الرمل الأخرى ، وتتم هذه الطريقة بعمل حفرة أرضية كبيرة (في أرض المسبك) تبطن جدارها بالخرسانة ويوضع بداخل الحفرة النموذج ، ثم يدك الرمل حوله وتحته حتى يمتلئ القالب ويجهز الجزء العلوي لقوالب الحفر بعمل القوالب أو بدك الرمل في إطار ساند (ريزق) علوي . ويضيف ف. بتراك (د . ت) أنه غالباً ما يستخدم الطفل الرملي في تجهيز مثل هذه القوالب الضخمة , أما عمليات تجهيز القالب والقلوب وقنوات الصب وخروج الهواء وخروج المسبوكة وتنظيفها فهي عملية تحتاج إلى جهد.

إعادة استخدام رمل السباكة :

ذكر راشد (وآخرون) (1999م) عند إعادة استخدام رمل السباكة بصفة مستمرة لابد من إضافة مواد رابطة (الإضافات) ورمل جديد لتعويض المواد المحترقة كي لا يفقد خواصه تحت تأثير حرارة الأعمال المسبوكة ، ويضيف قدال (1998م) يعاد نخل الرمال المستعملة لفصل الخبث المتخلف من المعادن أو أي مواد أخرى غريبة ، وكمية من الرمال الجديدة ، مع إضافات جديدة من المواد التي سبق تناولها ، وقد أورد ف. بتراك (د . ت) خطوات معالجة رمل القوالب بعد عملية السباكة كالتالي :



شكل (32)
يوضح غربال يستخدم لنخل الرمل
(راشد (وآخرون) ، 1999م ، ص 96)

1- تكسير هذه القوالب بواسطة درافيل تكسير أو طاحونة .
2- إزالة ما يكون عالقاً بالرمل من خبث وشوائب ومواد خشنه عن طريق النخل والغربلة أو بالتقاطها بواسطة جهاز مغناطيسي يعمل على تنقية الرمل من الشوائب .
3- ينخل الرمل بواسطة منخل دقيق المسام شكل (32) .
4- تأخذ كمية من الرمل المستعمل والرمل الجديد وتراب الفحم والماء وتخلط جميعها في طاحونة ، ثم يفتت الخليط الناتج ويجفف بواسطة مكنة تفتيت .

ويطلق على الرمل المحضر بهذه الطريقة بـ" الرمل المخلوط حديثاً " . وبمعالجة الرمل المستعمل بهذه الكيفية يكون جاهزاً لاستعماله مرة آخرى في تشكيل القوالب .

اختبار الرمل قبل تشكيل القالب :

تعتبر عملية اختبار رمل التشكيل عملية بالغة الأهمية ، لما يترتب على ذلك من خصائص مهمة تظهر أثناء تشكيل القالب الرملي ، وبعد صب المعدن في فراغ القالب وإنتاج المسبوكة , وقد سبق ذكرها في الخصائص العامة لرمل السباكة ، فمن أهمها التماسك الذي يعتمد على نسبة الرطوبة في الرمل .

ويتفق الخطيب وأيوب (د . ت) مع راشد (وآخرون) (1998م) على أن " نسبة الرطوبة في الرمل تؤثر تأثيراً مباشراً على كثير من الخواص ، ومن ثم فإن اختبارها يعتبر من أهم الاختبارات التي يجب أن يتم إجراؤها بكل دقة " (راشد (وآخرون) ، ص 112) .

ويضيف قدال (1998م) على ذلك طريقة مبسطه لاختبار نسبة الرطوبة في رمل التشكيل قبل استخدامه ، والتي تتم بأخذ قبضة من الرمل وعصرها لتشكيل كتلة منها ومن ثم تكسير الكتلة فإذا ظلت أسطح الأطراف المكسورة حادة أو شديدة ، فهذا دليل على أن نسبة الماء (الرطوبة) في الرمل كافية ويكون جاهزاً للاستعمال ، أما إذا كانت الأحرف غير متماسكة أي تكسرت وتفتت إلى أجزاء

صغيرة فيكون الرمل هنا جافاً جداً ، أي يحتاج إلى إضافة الماء بواسطة الرش . أما إذا جعل الرمل اليد موحلة عند إدخالها فيه ، أو إذا كان ملمس الرمل مبتلاً ، فهذا يعني أن نسبة الماء (الرطوبة) في الرمل مرتفعة وقد يسبب ذلك حدوث عيوب في المسبوكة (كالبخبخة أو الفقاقيع) ويحتاج الرمل في هذه الحالة إلى إضافة بعض الرمل الجاف ، بواسطة الجاروف أو المنخل ، يتم خلطها في كومه من الرمل التي أخذ منها للاختبار وتقلب وتخلط عدة مرات ويمكن إعادة الاختبار أكثر من مرة حتى يصبح في أفضل حال ليمكن استخدامه في عملية تشكيل القوالب بدك الرمل فيه .

تشكيل (دك) القوالب الرملية :

ذكر أ. ماليشيف (وآخرون) (1973م) أن تشكيل القوالب يقسم أساساً إلى قسمين هما التشكيل اليدوي ، والتشكيل بالمكنات .

1- التشكيل اليدوي : ويتم التشكيل اليدوي أما في أرضية المسبك أو بداخل الريازق ، بدك الرمل يدوياً .

ويؤكد الصباغ (1975م) ذلك إن الرمل يدك بداخل الريزق (الصندوق الخشبي) حيث يسمى الجزء العلوي Cope ، والسفلي Drag ، ويمكن تثبيت الريزقين العلوي والسفلي مع بعضهما البعض ليأخذا أوضاعاً ثابتاً لا تتغير ويوضح شكل (33) الريزق العلوي والريزق السفلي تم تثبيتهما معاً .

شكل (33)

يوضح ريازق سباكة الرمل ، ويظهر تثبيت الريزقين العلوي والسفلي معاً بمسامير الربط (الخوابير)

(ف . بتراك ، د . ت ، صـ 32)

2- التشكيل بالمكنات : تستخدم مكنات تجهيز القوالب الرملية في الإنتاج المتكرر للمصبوبات المتشابهة ، فباستخدام المكنات يقل الاعتماد على العمال في عملية دك الرمل ، كما أنه تنتج مسبوكات متجانسة وعلى دقة متناهية ، هذا مالم يتوفر في عمليات الدك اليدوي حتى اليوم ، ولو قام به أكثر العمال مهارة . إضافةً إلى أن عمليات الدك المكني لا تحتاج إلى عمال ذوي مهارة عالية ، وبالتالي تقل

تكلفة العمالة إلى حدٍ كبير . وهذا ما أكده الكثير من الباحثين . كما يضيف راشـد (وآخـرون) (1999م) والخطيب وأيوب (د . ت) وعبدالواحد (1967م) بأن الدك في المكنات يتم بواسطة طريقة واحدة أو أكثر من الطرق التالية :

أ- العصر .

ب- الرج (الهز) .

ج- القذف .

التصميم والخامة المناسبة لتشكيل نماذج خاصة بسباكة الرمل :

1- تصميم النموذج : قد يحكم على كثير من المسبوكات بالفشل وهي لم تغادر بعد لوحـة الرسم . لذا يجدر بالفنان أن يكون على قـدر كبير وكاف من الخبرة بعمليات السباكة ، لينتج تصميماً أو نموذجاً يسهل سباكته .

لذلك أكد الخطيـب وأيـوب (د . ت) وراشد (وآخرون) (1999م) على بعـض الاعتبارات الأساسية التي يجب أن يراعيها الفنان عند تصميم النمـوذج ، كـسهولة سـحب النموذج واستخراجه من القالب الرملى بعد دك الرمل من حوله ، ومن دون تعريض القالـب للهدم أو الكسر أو التشقق ، لذلك لابـد أن تكون أسطح النموذج الموازية لاتجاه سحبه ذات ميلة (خلوص) خفيفة كما يوضح ذلك شكل (34) ، ويتراوح متوسط الميل لأسطح طرف النموذج بمقدار 0.5 – 1.0 سم ، ويتوقـف ذلك على طريقة التشكيل والتصميم وحجم النموذج . كما يجب أن يراعى الفنان حجم النموذج قبل سبكه , لان حجم المسبوكة بعد صبها وتجمدها يقل (نظراً لانكماش المعدن) عن حجـم النمـوذج الأصلي .

شكل (34)

يوضح أهمية الخلوص في العمل والذي يسهل سحبة دون أحداث ضرر أو تكسر بالقالب الرملي

(راشد (وآخـرون) ، 1999م ، صـ ـ 285) و(سـ ـتيف هورسـ ـت Steve Hurst ، 1996م ،

2- الخامة المناسبة لتشكيل نموذج خاص بسباكة الرمل : تعد النماذج أحد الأساسيات المهمة لإنتاج عمل فني مجسم مصبوب من خام البرونز , فبقدر نوعية النموذج تكون دقة المسبوك . أي بقدر الاهتمام باختيار الخامة (المادة) الخاصة بصنع النموذج ، والدقة والإتقان في تشكيلة ، تكون جودة المسبوك الناتجة بعد الصب , لذلك لا بد للفنان اختيار خامة مناسبة تصلح لصنع النموذج منها ويسهل تشكيلها وتتصف بالخواص التي ذكرها الصباغ (1975م) من سهولة تشكيل النموذج ، وخفة وزنه ، وعدم بلي سطحها ، وسهولة صقل سطحه ، وعدم تأثر أبعاده بظروف الضغط في رمل الريزق أثناء تشكيل القالب ، أو رطوبة الرمل . فقد تصنع تلك النماذج من الخشب الطري (كشجر الصنوبر ، أو الصنوبر السكري) أو الخشب القاسي (كالمهوجني ، السويدي) ، أو من المعادن (كالنحاس الأصفر ، أو البرونز , أو الحديد ، أو الألومنيوم ، أو من الجبس ، أو من اللدائن (كالبولي استر) وعادة يستخدم الخشب أو اللدائن في إنتاج أعداد كبيرة جداً من النسخ . ويؤكد قدال (1998م) ذلك بذكره لبعض المميزات لنماذج مصنوعة من خامات مختلفة كالتالي :

النموذج	الجبس	الأسمنت	اللدائن	المعدن (النحاس ـ الألومنيوم)
مقاومة الاهتزاز والضغط	مقاومة ضعيفة	مقاومة متوسطة	مقاومة عالية	مقاومة عالية
اقصى عدد للنسخ	3 نسخ	5 نسخ	عدد لا نهائي من النسخ	عدد لا نهائي من النسخ
استخدامه في الأعمال المجسمة	يستخدم في الأعمال المصمتة فقط	يستخدم في الأعمال المصمتة فقط	يستخدم في الأعمال المفرغة	يستخدم في الأعمال المفرغة
أقل تخانة وسمك	1 سم	1 سم	0.4 سم	0.4 سم
عزل النموذج	يعزل بالجومالكا* أو الورنيش	يعزل بالجوملكا أو الورنيش	________	________

* الجومالكا عبارة عن مادة عازلة .

التقنيات التي يمر بها إعداد عمل مجسم بتقنية سباكة الرمل :

تعد عملية سباكة الرمل ذات أهمية خاصة سواءً من الناحية الاقتصادية بتوفير الجهد والوقت والمال ، والحصول على مسبوكات متكررة ومتشابهة إلى حدً كبير مع النموذج الأصلي ، أو من الناحية الفنية بالحصول على أعمال ذات قيمة فنية وجمالية خاصة .

وتقسم سباكة الرمل للأعمال الفنية إلى قسمين أساسيين أقرها الفنانون وهما أولاً : سباكة الرمل للأعمال المصمتة ، ثانياً : سباكة الرمل للأعمال المجوفة (المفرغة) . وفي كلتا الحالتين يلزم الفنان الاشراف عليها بنفسه ، لما قد تحتاجة بعض تلك الأعمال المراد صبها من تجزيئات (أي تقسيم النموذج) وذلك في حالة كون تلك النماذج كبيرة الحجم أو متفرعة ، فهنا يمكن تقسيم النموذج بعمل أجزاء تعشيق (وصلات) تشبه الوصلات الرومانية (والتي سبق ذكرها في المبحث الثاني من هذا الفصل) ومن ثم تجمع بعد سباكتها باللحام .

وفي مجال الفن غالباً ما تستخدم سباكة الرمل مع الأعمال المصمتة ، وسباكة الشمع المفقود مع الأعمال المجوفة أو المفرغة ، وهذا ما سنتناوله في هذا البحث .

خطوات تشكيل قالب مجسم بسباكة الرمل (للأعمال المصمتة) :

للحصول على قطعة فنية منفذة بسباكة الرمل يلزم تتبع التقنيات (الخطوات) الخاصة بسباكة الرمل بدقة لإنتاج مصبوبة جيدة تخدم الجانب الفني والجمالي .

فتتفق الباحثة مع تلك الخطوات التقنية التي ذكرها الصباغ (1975م) وقدال (1998م) وهي كما يلي :

1- يوضع النموذج على التزجة* .

2- يوضع الريزق** السفلي على التزجة بحيث يتوسط النموذج .

3- يرش سطح النموذج والمنضدة بطبقة من الجرافيت أو مسحوق الفحم (كطبقة عازلة للسطح) بواسطة استخدام كيس التعفير*** .

---

* التزجة عبارة عن طاولة مستوية السطح مصنوعة من الخشب الأملس أو المرمر .

** أنظر شكل (33) صـ 86

*** أنظر شكل (38) صـ 92

4- يرش فوق النموذج والمنضدة بداخل صندوق الريزق طبقات من الرمل الأخضر الجديد (ذي الحبيبات الدقيقة والملساء) باستخدام المنخل ، وتكرر العملية إلى أن يملأ الريزق بالرمل .

5- يدك الرمل بقوة باتجاه النموذج وحوله وإلى أركان الريزق ، باستخدام مدك التزجة .

6- تضاف كمية آخرى من الرمل وتكرر العملية السابقة إلى أن يمتلئ الريزق السفلي بالرمل للفوهة .

7- يسوى سطح الريزق بإزالة الرمل الزائد باستخدام مسطرة مستوية من الصلب كما يظهر في شكل (35) ، بحيث يبقى الرمل مساوياً للسطح العلوي لفردة الريزق (الريزق السفلي) ، وتستعمل هذه المسطرة بطريقة تماثل حركة القص (الكشط) .

شكل (35)
يوضح طريقة تسوية سطح الريزق باستخدام مسطرة من الصلب
(راشد (وآخرون)
1999م ، صـ96)

8- يقلب الريزق السفلي بمحتوياته فوق لوح التزجة بطريقة معكوسة بحرص ، بحيث يصبح نصف النموذج في قمة الريزق .

9- يوضع الريزق العلوي فوق الريزق السفلي ويثبت معه بالخوابير (مسامير ربط) الخاصة بالتثبيت .

10- ترش طبقة من الجرافيت أو مسحوق الفحم فوق سطح النموذج الظاهر بداخل الريزق العلوي .

11- تنخل طبقة من الرمل الناعم لتغطي سطح النموذج ، وتدك باتجاه النموذج .

12- تضاف طبقات آخرى من الرمل سواء باستخدام الرمل الجديد أو رمل الظهارة , وتدك بقوة باتجاه النموذج ومن حوله وإلى أركان الريزق ، باستخدام مدك التزجة ، وتكرر العملية إلى أن يمتلئ الريزق العلوي بالرمل .

13- يسوى سطح الريزق بالمسطرة المستخدمة في عملية السباكة* .

14- يفتح الريزق العلوي من الريزق السفلي وينزع النموذج من الريزق ، باستعمال شوك خاصة بسحب النموذج من القالب ، ويجب أن تتم هذه العملية ببطء حتى لا ينهدم الرمل (رمل القالب) .

15- يحدد المكان الذي سيقطع فيه المجرى سواءً فتحة دخول (صب) المعدن منها لفراغ القالب ، أو فتحت خروج الهواء من القالب ، ويجب أن يكون وضع مجرى الصب مناسباً وسهلاً لجريان المعدن من فتحة الصب إلى فراغ القالب . ويؤكد قدال (1998م) على ضرورة إبتعاد مجارى الصب عن فتحة القالب وحواف الريزق بما لا يقل عن 37مم .

---

* الخطوات من 10 إلى 13 يستخدم فيها نفس الخطوات التي استخدمت لملئ فردة الريزق السفلي .

16- تقطع مجاري (قنوات) الصب في القالب بالأدوات الخاصة بمعدات السباكة ، وتتم هذه العملية بحركة دورانية للأداة بضغطها في رمل الريزق متجهاً ا إلى الداخل (لفراغ القالب) ، ومن ثم تسحب الأداة بحركة دورانية معكوسة للخارج جارفة معها الرمل الذي تم قطعه .

17- تنظف الأداة من الرمل ، ثم تدخل ثانيةً في نفس فتحت ا رى التي تم قطعها ، للتأكيد من سلامة القطع .

18- تسوى وتنعم الأسطح والأحرف في القالب ، وحول مجرى المصبات ، باسـتخدام التـراولات والأسبتوليات (أدوات خاصة بالترميم) .

19- بنفخ الرمل السائب (الزائد) بالمنفاخ من فراغ القالب وأسطح الاتصال بين القالب والمصبات .

20- يجمع الريزق العلوي مع الريزق السفلي ، ويثبت معاً بمسامير الربط الخاصة بالتثبيت .

21- يحمص القالب في أفران التجفيـف الخاصـة بـذلك , للتخلص من الرطوبة الزائـدة وتماسـك القالـب ومقاومتـه للأجهادات .

22- يوضع الريزق بالطريقة العامودية ، بحيث تكون فتحـات صب المعدن من الأعلى .

23- يصب المعدن المنصهر من فتحت التغذية (صب المعدن) بحرص مع مراقبة ظهور المعدن من فتحة خـروج الهـواء ، لأن ذلك يعني امتلاء فراغ القالب بالمعدن المنصهر شكل (36) .

24- بعد تجمد المصبوبة بداخل القالب ، يفتح الريزق ويهـدم القالب لاستخراج المصبوبة (العمل البرونزي المسبوك) .

25- تقطع المصبات عن المسبوكة باستخدام الأزاميل ، ثم تـأتي مرحلة المعاينة ثم التنظيف والصقل والتلوين (معالجات السطح) .

شكل (36)
يوضح صب المعدن المصهور في ريازق الرمل
(راشد (وآخرون) ، 1999م
صـ 68)

الأدوات والمعدات الخاصة بسباكة الرمل :

1- الريازق (الاطارات الساندة) : وهي عبارة عن صندوق من المعدن أو الخـشب كمـا ظهـر شكلها سابقاً في صـ 86 شكل (33) يوضع بداخله نموذج للشكل المراد صبه ثم يملأ الريزق بالرمل ويكبس ، وبعد ذلك يستخرج النموذج تاركاً فجوة القالب . وللروازق نوعان هما المفصلي والقطعـة الواحدة وتستخدم الروازق المفصلية أساساً في الأعمال الإنتاجية ، ويستعمل في شد الاطـار الـساند

العلوي إلى الإطار الساند السفلي خوابير (مسامير) لربط جزئي إطار الريازق معاً لإجـراء عمليـة الصب .

2- التزجة : وهي عبارة عن طاولة من الخشب أو المرمر تتميز بنعومة سـطحها . تستخدم لوضع النموذج فوقها ومن ثم وضع الريزق . ودك الرمل حولـه بـداخل الريزق .

شكل (37) يوضح مدك التزجة

3- مدك التزجة (مرمل وقرص مشترك) : يستعمل في عملية دك وكبس الرمل في الريزق شكل (37) ، ويصنع مدك التزجة من الخشب الصلد .

4- كيس التعفير : يستعمل هذا الكيس لوضع مسحوق الانفصال (الجرافيت أو مسحوق الفحم) على وجه القالب شكل (38) وتصنع هذه الأكياس الدقيقـة الثقوب (الفتحات) من الشاش وهو عبارة عن قماش قطني دقيق النـسيج ، أمـا الأكياس ذات الفتحات الكبيرة فتصنع من القماش الخشن أو ذي النسيج المفتوح .

شكل (38) يوضح كيس التعفير

5- المناخل : وهي عبارة عن نسيج من أسلاك النحاس الأصفر أو الحديد المقـن أو الصلب . وللمناخل مقاسات متعددة تتدرج من الكبير (ذو الفتحات الواسعة) إلى الصغير (ذي الفتحات الدقيقة جداً) . ويستعمل المنخل لنخل الرمل وتنقيتـه من الأشياء الغريبة ، إضافةً إلى جعله طبقة الرمل الملاصقة لأوجه النموذج ناعمـة جداً وملساء .

6- شوكات رفع النماذج : يستعمل لرفع أو سحب النموذج من القالب شوك

شكل (39) يوضح شوكت رفع النموذج

تصنع من السلك الصلد ولها عدة أشكال فمنها المبططـة الأطـراف ، أو الملولبـة (المبرومة أو المقلوظة) في طرفها . ويؤكد قدال على أهمية استعمال هذه الـشوك لرفع النماذج لفائدا العملية شكل (39) .

7- المنافيخ : يستعمل لنفخ الرمل السائب (الزائد) من فراغات (تجويـف) القالـب وللمنـافيخ مقاسات مختلفة يختار منها الأنسب للاستعمال العام .

8- التراولات والأسبتوليات وصناديق الرفع : تستعمل الترولات والإسبتوليات في تنعيم الترميمات والتجهيز النهائي للقوالب وتستعمل الترولات في تنعيم وترميم الأسـطح الكبيرة ، بينما تستعمل الأسبتوليات في تنعيم وترميم ا ـار والـشدوخ (الكسور) الصغيرة ، وأضاف قدال (1998م) أن " صـناديق الرفـع تستعمل خصيصاً في رفـع دقـائق الرمل من التجاويف الضيقة والعميقة في الترميمات الـصغيرة والمقفلـة " (صـ 224) شكل (40) .

شكل (40)
يوضح التراولات والأسبتوليات وصناديق الرفع

2 - سباكة الشمع المفقود :

ذكر راشد (وآخرون) (1999م) أن سباكة الشمع المفقود تمتد أصـولها التاريخيـة إلى آلاف السنين ، حيث عثر على نماذج كثيرة من البرونز استخدمت سباكة الشمع المفقود لتنفيـذها ، تقّـدم عرضها في المبحث السابق كالحضارة المصرية والصينية والرومانية والإغريقية وحضارة إيف وبنين فقـد استخدموا هذه الطريقة في صب تماثيلهم ، كما استخدمت نفس الطريقة في الحضارة الإسلامية لسبك الأدوات والاعمال الفنية ، أما في عصر النهضة فقد استخدمها الكثير من الفنانين لصب روائعهم الفنية أمثال دوناتللو وجبرتي وجيوفاني و ليوناردو دافنشي وتشيلليني --- وغيرهم .

ويؤكد ذلك ستيف هورست Steve Hurst (1996م) بقوله " أن أول وصف لصب الشمع كان من أصل فرنسي أو إيطالي وأحد أشهر وأجمل الأعمال كان للتمثال العملاق (لـويس الرابـع عشر) " (صـ 60) .

فقد استعملت تلك التقنية (الشمع المفقود) في تنفيذ الكثير من الأعمال المعدنية الدقيقة والمعقـدة الشكل والتفاصيل كإضافة التحف وأدوات الزينة والتماثيل والأعمال الفنية والحلي ، كما اسـتخدمت في القرن التاسع عشر في صناعة الأسنان وبعض التطبيقات الأخرى ، حيث اعتبرت هذه التقنيـة مـن أفضل وأدق طرق السباكة المستخدمة في تنفيذ الأعمال الدقيقة حتى وقتنا الحاضر ، لذلك أطلق عليهـا الكثير من الباحثين مسمى " السباكة الدقيقة " أو " الصب الدقيق " .

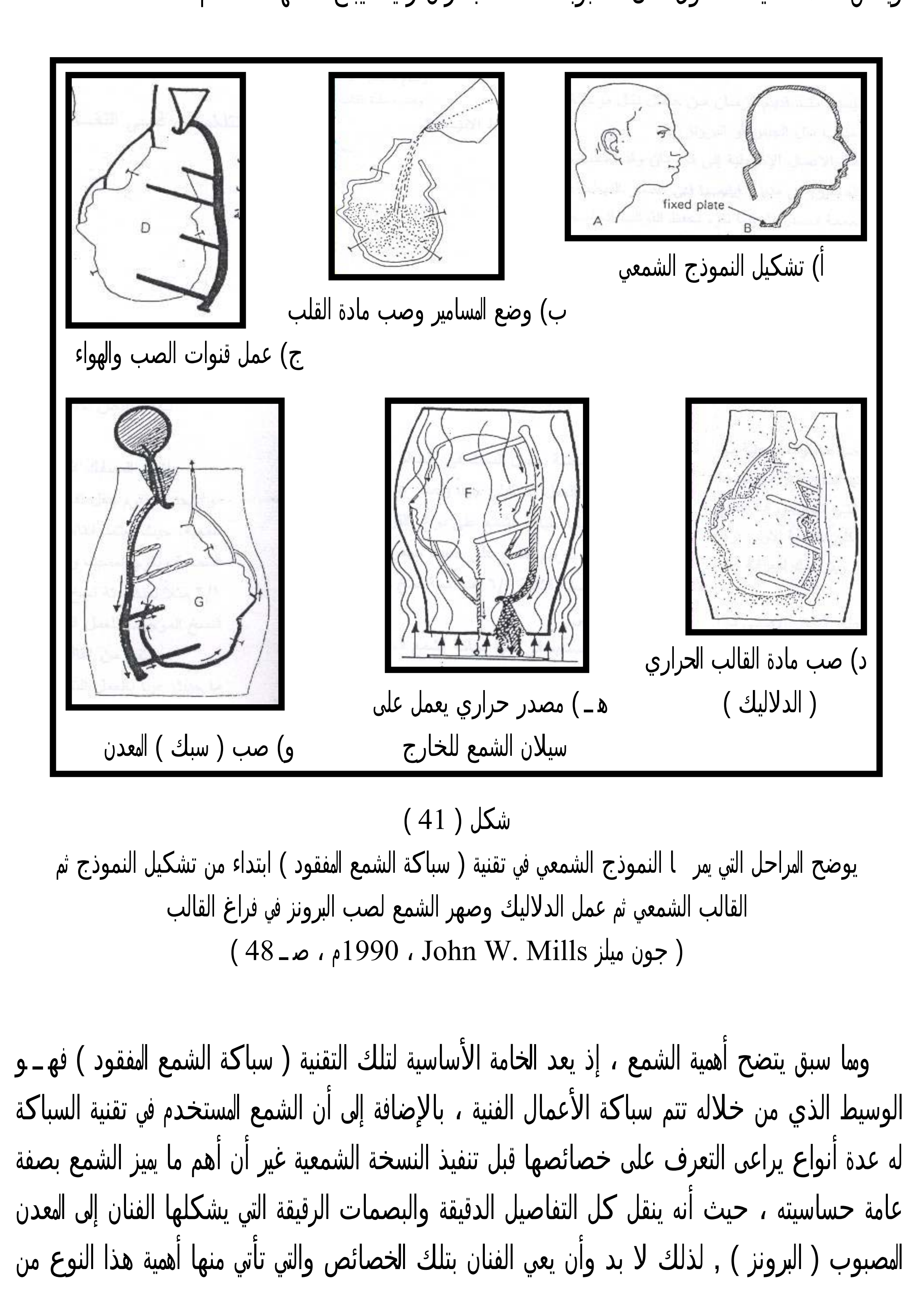
ويضيف سعد (1980م) أنه باستخدام هذه التقنية يمكن الحصول على أعمال معدنيـة مجوفـة علاوة على أنها طريقة توفر كمية من خام المعدن (البرونز) المستخدم في صب تلك الأعمال ، حيـث يمكن الحصول على سمك رقيق من المعدن لا يزيد عن 3مم ، ومن جانب آخر تجهـز نمـاذج بعـض التأثيرات الملمسية السطحية من نعومة وخشونة .

وتتلخص طريقة سباكة الشمع المفقود في تحضير قالب رئيسي للعمل المراد سباكته ، ثم يـستخدم الشمع لعمل النموذج كما في شكل (41 _ أ) , فإذا كان النموذج الشمعي مفرغاً يحتاج إلى صب دلاليك* داخلية وخارجية ، أما إذا كان النموذج الشمعي مصمتاً يحتاج فقـط إلى صـب دلاليـك خارجية . تصب مادة الدلاليك في قلب النموذج الشمعي من خلال الفتحة المخصصة لذلك ، ثم يثبت القلب (الدلاليك الداخلية) مع القالب (الدلاليك الخارجية) بمسامير خاصة (تغرس تلك المسامير في أجزاء متفرقة حول النموذج الشمعي) بحيث تكون ظاهرة من داخل النموذج الشمعي وخارجة شكل (41 _ ب) ، ثم عمل قنوات خاصة بصب المعدن وخروج الهواء شكل (41 _ ج) ، تخلط مادة الدلاليك جيداً استعداداً لصبها حيث تدهن طبقة الغلاف الأولى من نفس مادة الدلاليك بالفرشاة على سطح النموذج الشمعي من الخارج والمصبات وقمع الصب ، لأن ذلك يعمل على ضـمان التـصاق وتثبيت المصبات بسطح النموذج ، يحاط النموذج بلوح من الصاج (صندوق مستدير) استعداداً لصب مادة القالب الحراري حول النموذج بداخل الأسطوانة كما في شكل (41 _ د) ، يتـرك القالـب الحراري إلى أن يتصلب ، ثم يرفع ويوضع في الفرن مقلوباً استعدادا للتحميص وخروج الشمع لخـارج القالب ، تاركاً فراغاً يصب المعدن المصهور بداخله فيما بعد ويوضحه شكل (41 _ هـ) . وبعـد التأكد من جفاف القالب تماماً وخلوصه من الرطوبة يصب المعدن المصهور من خلال قمع الصب ، إلى أن يمتلئ التجويف تماماً بالمعدن كما في شكل (41 _ و) ، **و**تترك المصبوبة بداخل القالب لفترة إلى

---

* يقصد بالدلاليك / مادة القالب الحراري المكونة من نشارة الخشب , والجريت (الطوب الحراري) ، والجبس ، وماء .

أن يتجمد المعدن تماماً ، ثم يأتي دور إخراجها لتنظيفها وعمل التشطيبات اللازمة ومعالجـة سـطحها ويمكن ـذه التقنية الحصول على مصبوبات ذات جدران رقيقة يبلغ سمكها 0.5مم .



شكل (41)

يوضح المراحل التي يمر ا النموذج الشمعي في تقنية (سباكة الشمع المفقود) ابتداء من تشكيل النموذج ثم القالب الشمعي ثم عمل الدلاليك وصهر الشمع لصب البرونز في فراغ القالب

(جون ميلز John W. Mills ، 1990م ، صـ 48)

ومما سبق يتضح أهمية الشمع ، إذ يعد الخامة الأساسية لتلك التقنية (سباكة الشمع المفقود) فهـو الوسيط الذي من خلاله تتم سباكة الأعمال الفنية ، بالإضافة إلى أن الشمع المستخدم في تقنية السباكة له عدة أنواع يراعى التعرف على خصائصها قبل تنفيذ النسخة الشمعية غير أن أهم ما يميز الشمع بصفة عامة حساسيته ، حيث أنه ينقل كل التفاصيل الدقيقة والبصمات الرقيقة التي يشكلها الفنان إلى المعدن المصبوب (البرونز) , لذلك لا بد وأن يعي الفنان بتلك الخصائص والتي تأتي منها أهمية هذا النوع من

السباكة ، كما يلزمه التعرف على كل خطوة من خطوات ذلك النوع من السباكة ابتداءً من عمليـة تشكيل النموذج للعمل المراد سباكته - إما تشكيلاً مباشراً أو غير مباشرٍ - إلى عمليـة التـشطيب النهائي لتلك المسبوكات .

خصائص الشمع المستخدم في عملية سباكة الشمع المفقود :

اتفق قدال مع ما ذكره ستيف هورست Steve Hurst (1996م) عن خصائص الشمع كونه مجموعة فرعية من مواد دهنية ذات درجة تحول عالية ، ومواد حمضية دهنية ، وما يميزها عن الدهون أنه لا وجود للشحم فيها ، كما أن الشمع مادة صلبه ، وأن الخليط الجيد للشمع يؤدي إلى صـب جيـد وبالتالي انتاج مسبوكات خالية من العيوب ، بشرط توفر الخصائص التالية في الشمع المستخدم في عملية السباكة :

1- قلة تكلفته المادية ، وتوفره وسهولة الحصول عليه .
2- سهولة إعداده وتشكيله .
3- صلابته (أي عدم هشاشته) عندما يبرد في درجة حرارة الغرفة .
4- لدونته من أجل تشكيله وهو دافئ .
5- إمكانية صهره وسيولته بدون ترك أي مخلفات تؤدي إلى ظهور عيوب في المسبوك .
6- عدم انصهاره في درجة حرارة الجو الطبيعي .
7- مرونته (أي قابليته للإنشاء والتشكيل) .
8- فاتح اللون أو شفاف عندما يكون ساخناً ، ومعتماً إلى شبه معتم عندما يبرد .
9- الصمود أي إمكانيته الطبيعية للبقاء لفترات طويلة وهو مشكل دون تمدد أو انكماش .

أنواع الشمع المستخدم في السباكة :

يقسم الشمع المستخدم في تقنية سباكة الشمع المفقود إلى ثلاثة أنواع اتفق على ذكرهـا سـتيف هورست Steve Hurst (1996م) وقدال (1998م) وهي كالتالي :

1- شمع معدني Mineral Wax .
2- شمع حيواني Animal Wax .
3- شمع نباتي vegetable Wax .

1- الشمع المعدني Mineral Wax :

أ- شمع البرافين Paraffin Wax : يعد شمع البرافين من مشتقات البترول ، ويتميز بلونة الأبيض (شبة شفاف) ، وهو عديم الرائحة يدخل في تركيب شمع السباكة لتخفيف لزوجته ولتقليـل سمـك العمل ، ويراعي عدم الافراط في استخدامه في مركب شمع السباكة ، حيث يضعف تماسك أجزاء العمل نظراً لضعف قوة الشد بين ذراته ، ويذوب البرافين في البنـزين والكحول الساخن والتـربنتين وزيـت الزيتون ، وقدر قدال (1998م) درجة انصهاره بـ 84.62°م .

ب- الشمع البلوري Microcrysalline Wax : ذكر ستيف هورسـت Steve Hurst (1996م) أن الشمع البلوري أو المتبلور من أنسب أنواع الشموع في البلاد التي لها مصانع لتكرير البترول ، لأن هذا النوع من الشمع أحد مشتقات البترول وهي تعرف باسم الشموع الصناعية ، كما أنه أفضل من حيث استخدامه في تشكيل النموذج الشمعي من شمع البرافين ، لان قوة تماسـك ذراتـه أعلى بالإضافة إلى ملمس دهني أقل من شمع الرافين ، كما إن مرونته ولزوجته عالية .

ج- شمع الهالة Halo Wax : ذكر قدال (1998م) أنه شمع صناعي مركب له درجة انـصهار عالية ، وهو من المواد الصلبه قوية التماسك ، وهي تضفي عتامة في اللون ، وعند إضافتها لتركيبة شمع السباكة تجعله لبني القوام ، ومن عيوبها أنها تصيب الجلد بالتهاب ، ولـذا يجـب الاحتـراس عنـد استخدامها .

2- الشمع الحيواني Animal Wax :

شمع النحل Bees Wax : ذكر قدال (1998م) بأن شمع النحل متوازن طبيعياً وكيميائيـاً ويعتبر من أفضل الأنواع التي يمكن استخدامها في تشكيل نماذج للأعمال الفنية ، نظراً لما تتميز به مـن صلابة (أي مقاومة للأجواء الحارة) ، ومرونة وقابلية للتشكيل والثبات ، ويتدرج لونه من الأبيض إلى البني المصفر ، وله قابلية الذوبان في الكلورفورم ، والأسيتون ، والكحول ، وتقـدر درجـة حـرارة انصهاره بـ 62.5°م .

3- الشمع النباتي vegetable Wax :

شمع كا رنوبا Carnoba أو شمع البرازيل Brazil Wax : أكد قدال (1998م) على أن هذا النوع من الشمع يستخرج من بعض أنواع النخيل ويختلف لونه من الأصفر إلى الأصفر المخـضر ويتميز هذا الشمع بصلابته وقوة تماسكه عند تشكيله ، إلا إن ما يعيبه هو انكماشه بدرجة ملحوظـة

بعد تجمده ، بالإضافة إلى قابليته للذوبان في الكحول الساخن والتربنتين والأثير والزيـوت الـساخنة والقلويات ، وينصهر عند درجة 84.6° م .

ويضيف ستيف هورست Steve Hurst (1996م) أن ما يعيب ذلك النوع مـن الـشمع النباتي هو ارتفاع ثمنه في المناطق الباردة ، نظراً لقلة وجود تلك الأشجار ، فبالتالي لا يستخدم في صب الأعمال الضخمة ، أما في المناطق الاستوائية فتستخدم في الصب لأنها تنتج محلياً ، فهي رخيصة الـسعر ومناسبة .

المواد والإضافات التي تدخل في تركيب شمع السباكة :

1- لانولين Lanolin (دهن صوف الغنم) : يمكن الحصول على تلك المادة من صـوف الغـنم ووصفها قدال (1998م) بأنها مادة غير متبلورة ، ونقية ، ولها رائحة خفيفة ، ويتدرج لونهـا مـن الأبيض إلى الأصفر الكهرمان ، ويستفاد من إضافتها لشمع السباكة لإعطائه ليونة ولدونه تساعد على التشكيل ، ويستفاد منها في الطقس البارد ، وتذوب هذه المادة في محلول الأثير والكلورفورم .

2- زبدة الكاكاو Cacao Butter : وهي مادة دهنية تضاف إلى شمع السباكة أحياناً كبديل عن اللانولين (دهن صوف الغنم) ، ووظيفته الأساسية حفظ مركب الشمع مـن التجمـد في الأجـواء الباردة .

3- الفازلين Pertrolum Jelly : قد تدخل مادة الفازلين في تركيب شمع السباكة ، ووصفها قدال (1998م) بأنها عبارة عن مادة غير متبلورة ، وشبه صلبة ، يميل لونها من الأبيض إلى الأصـفر الفاتح ، وتضاف إلى شمع السباكة لتزيد من ليونتة وطراوته مما يجعله أكثر سهولة في التشكيل ، وقـدر درجة انصهارها بـ 45.8° م .

4- قار برجندي Buegundy Pitch : تناول قدال (1998م) خصائص تلك المـادة بأنهـا " مادة صفراء اللون ، قوية الرائحة ، زيتية الملمس ، راتنجية القوام ، يحصل عليها من بعـض أشـجار الصنوبر الأوربية ، وهي مشابهة لراتنج القلفونية في الصفات إلا أنها أقل تقصفاً وتـساهم في تركيـب الشمع المستخدم في السباكة كي يقاوم الطقس الحار " (صـ 102) .

5- راتنج القلفونية Colophnony Rosin : أكد قدال (1998م) بأن تلك المادة تنتج من تقطير التربنتين ، وهي ذات لون شفاف يتدرج من الكهرمان الخفيف إلى البني المحمر الغـامق ، وهـي مادة صلبه ، ولها القابلية للمط ، ومن أهم ما يميزها المحافظة على شمع السباكة المضافة إليه من حـرارة الأجواء الحارة ، إلا أنه يراعى ألا يسرف في إضافتها بسبب اللزوجة التي تضيفها للمركـب الـشمعي ويذوب راتنج القلفونية في الأميل والأثير وثاني كبريتيد الكربون وكحول المثيل .

كما إن راتنج القلفونية يلين عند درجة حرارة 70.80° م ، وأضاف قدال (1998م) أن الكثير من خبراء مجال السباكة استبعدوا استخدامها في سباكة الأعمال الفنية ، لأنه عنـد إحتراقهـا تـؤدي لتكوين رواسب كربونية تفسد العمل الفني , إلا أنه بعد إجراء عدة تجارب تبين إن القلفونية الصناعية غير صالحة لإضافتها لشمع السباكة لتأثيرها السلبي السابق ، أما القلفونية الطبيعية فيمكن استخدامها* .

6- تربنتين فينسيا Venice Turpenetine : وصف قدال (1998م) خصائص تلك المادة بأ ا عبارة عن مادة سائلة ، لها لون أصفر ، قوامها ثقيل ، لها رائحة مميزة ، وقد تستعمل كبديل لقـار برجندي أو راتنج القلفونية ، وتدخل في تركيب شمع السباكة لتعطيها قابلية للمط ، كما أ ـا قابلـة للذوبان في الكحول والأثير .

7- الودك (الشحم الحيواني) Tallow : وصفه قدال (1998م) بأ ا عبارة عن مادة دهنيـة صلبة ، تستخلص من الدهن العضوي الصلب ، لها عدة ألوان ، ويمتاز القديم منها بجودة عالية ، تضاف لشمع السباكة لتكسبه مرونة ولدونة تساعد على التشكيل ، وأضاف بأ ا " تتعرض للأكـسدة وقـد يصبح فاسد الرائحة والأنواع الممتازة منه مرتفعة الأسعار " (صـ 104) .

8- سريزين Ceresin الأوزكريت Ozokerite : وهو عبارة عن شمع معدني Mineral أو شمع الأرض Earth Wax وهو مكرر الأوزوكريت , وصفها ستيف هورسـت Steve Hurst (1996م) بأن لو ا يتدرج من الأبيض إلى الأصفر ، وتتميز بأ ا مادة صلبة عديمة الرائحة ، ولهـا خواص مشا ه لخواص البرافين إلا أ ا أكثر لزوجة ومتانة ، وتنكمش قليلاً بعد تجمدها ، وهي قابلـة

* يمكن التأكد من نوع القلفونية ما إذا كانت طبيعية أو صناعية ، وذلك بإذابتها في محلول تربنتين نباتي ، فإذا ذابـت فإن القلفونية طبيعية .

للذوبان في الكحول ، والبنزين ، والنفط ، والكلوروفوروم والزيوت الساخنة . وذكر قدال درجة حرارة إنصهارها 61.78° م .

وبين قدال (1998م) في الجدول التالي مجموعة من المواد التي يمكن استخدامها بإضافتها لـ شمع السباكة وذلك لتلينه أو تقسيته أو تلوينه --- إلخ لتحسين خواصه حسب الحاجة كما يلي :

الموضوع	الإضافات	الملاحظات
لتليين الشمع	يضاف مواد زيتية مثل زبدة الكاكاو أو زيت الكاكـاو ، تـربنتين فينـسيا أو الفازلين أو الشحوم .	عندما يكون الجو بارداً ولسهولة إخراج الشمع أثناء تحميص الفورمة الحرارية .
لتقسية الشمع	يضاف راتنج القلفونية العضوي بنـسب بسيطة ، والمفضل حالياً استخدام أنواع صلبه من الشمع مثل البرافين وكارنوبا .	عندما يكون الجو حاراً وقـد أثبتـت معظم التجارب وجود مخلفات كربونية عند التحميص لاختبار القلفونية الطبيعة بإذابتها في زيت التربنتين النباتي .
لتلوين الشمع	تضاف صبغات بنسبة قليلـة إن أمكـن ذات وسيط زيتي الأنالينا .	يلون الشمع بإضافة ألوان شمـع مـع تربنتين ويسخن ثم يضاف إلى خلـيط الشمع .
شمع العسل	شمـع العـسل الموجـود في الأسـواق والمخلوط بمركب يعرف باسم الـشمع الاسكندراني ويمكن استخدامه ولكن بعد صهره وتبريده عدة مرات وتصفيته من الرواسب .	شمع العسل المبـاع في المناحـل نقـوم بتصفيته وترشيحه عدة مرات ويكـون لونه أبيض مائلاً للاصفرار .
صهر (تسخين) الشمع	عند صهر الشمع يجب عدم رفع اللهب فقد يسبب حدوث حريق ولذلك يجب استخدام غلايـة مزدوجـة وفي حالـة حدوث حريق يجب إطفاء الشمع المحترق بإلقاء بيكربونات الصودا .	لا يطفأ الشمع المحترق بالمـاء حـتى لا يحدث انفجارات قد تسبب في اخطـار للممارس .
درجة حرارة	يصب الشمع في درجة حرارة 145ف	من خلال القشرة التي تتكون على سطح

الشمع أثناء التنفيذ	تقريباً في قوالب الجلاتين والغراء أما في المطاط السيلكون والحديثة فيتحمل درجة حرارة عالية فلا يتلف القالب .	السائل عندما يبرد .
درجة انصهار الشمع	تتراوح درجة انصهار أنواع الشمع مـن 62.5°م إلى 84.6°م .	اقل درجة انـصهار للـشمع المعـدني سيريزين وأعلى درجة انصهار للـشمع كارنوبا .

مكونات (مخاليط) شمع السباكة :

نالت تقنيات سباكة الشمع المفقود اهتمام كبير من قبل الفنانين ، حيث تبع ذلك الاهتمام إجـراء عدة تجارب للوقوف على مخاليط مناسبة لسباكة الشمع المفقود تبعاً لاحتياجات الفنـانين وقـدرا م الفنية ، ونوع العمل الذي يتم تنفيذه ، والأجواء المتغيرة (الحارة والباردة) ، الأمـر الـذي أدى إلى الاختلاف في تركيب مكونات خلائط شمع السباكة .

وكانت أشهر تلك التجارب التي سجلها فدال (1998م) عن جورجيو فازاري والتي عرض فيها نسبته الخاصة كالتالي :

المكونات	النسبة
شمع النحل (العسل)	1 رطل
زيت تربنتين	3 إلى 4 أوقية
رقائق شمع بيضاء Flake Whites	2 أوقية

وكان يخلط اللون مع تربنتين فينسيا ثم يضيفة إلى الشمع السائل .

كما ذكر فدال (1998م) تركيبة مختلفة نفذها . رندل F. Rondel كالآتي :

المكونات	النسبة
شمع النحل (العسل)	1 أوقية
راتنج قلفونية	4 أوقية
شحم	2 أوقية
زيت تربنتين	2 أوقية

أما في وقتنا الحاضر فقد أصبحت شركات خاصة تقوم بإنتاج شمع مجهز لمصانع السباكة ويستخدمه الفنانون لتنفيذ نماذج أعمالهم الفنية ، ويعرف ذلك الشمع باسم شمع النماذج Pattern Was ويتميز بسهولة تشكيلة وإخراجة وسهولة انصهاره أثناء التحميص ، كما أنه لا يترك مخلفات كربونية تؤدي إلى إتلاف العمل المسبوك . ومن أشهر الفنانين الذين قاموا باجراء تجارب متنوعة للوقوف على تأثير خواص العناصر المضافة على استبعاد راتنج القلفونية من مكونات الشمع **الفريد لانز Alfered Lenz** في بعض تجاربه حيث تبين له بعد تجارب كثيرة أن مادة القلفونية ذات خاصية كربونية تؤدي لتخلف بقايا ملوثة غير مرغوب فيها في القالب السلبي بعد التحميص .

وعرض قدال (1998م) **التركيبته التي استخدمها الفريد لانز Alfered Lenz من أجل صب الشمع المفقود** كالأتي :

المكونات	النسبة
شمع نحل أبيض	100
برافين	100
جص رصاص *	50
فازلين	50
زبدة الكاكاو	25
لانولين**	10

كما ذكر قدال (1998م) **لجونستون Johnston** عدة مخاليط للتشكيل المباشر في الشمع والتي يمكن تجهيزها في صيغة ألواح أو قضبان أو كتل شمعية , وذلك بعد صهرها وتبريدها وتصفيتها من خلال قماش دقيق المسام عدة مرات ، أوجزها في مجموعة مخاليط كالتالي :

1- التركيبة الأولى

المكونات	النسبة	خصائص المركب
شمع النحل (العسل)	16	1- شمع صلب .
أوليات الرصاص	1	2- مناسب لكل عمل صغير

* يجب مراعاة سمية جص الرصاص .

** يمكن إضافته في حالة الطقس البارد .

2- التركيبة الثانية

المكونات	النسبة	خصائص المركب
شمع النحل (العسل)	16	أكثر نعومة وإمكانية للسحب من التركيبة الأولى .
برافين	16	
لانولين	1	
أوليات الرصاص	1	
تربنتين فينسيا	1	

3- التركيبة الثالثة

المكونات	النسبة	خصائص المركب
شمع النحل (العسل)	24	تعذر وجود بعض هذه المواد .
شمع حيواني	7	
سيريزين	16	
شمع كارنوبا	8	
شمع برافين	8	
أوليات الرصاص	5	

4- التركيبة الرابعة

المكونات	النسبة	خصائص المركب
شمع النحل (العسل)	1	مخلوط رخيص بسيط يعمل جيداً في الطقس الدافئ .
شمع برافين	1	
ملح راتنج قلفونية	1	

وأضاف قدال (1998م) أن **جنستون Johnston** استخدم تركيبتين مختلفتين تخص عملية الغمس في الشمع حيث يكون فيها مخلوط الشمع شبة سائل مما يمكّن من غمس النموذج فيها لأخذ الطبقة الشمعية ، ومكونات هذه التركيبة كالتالي :

1- التركيبة الأولى

المكونات	النسبة	خصائص المركب
شمع النحل (العسل)	8	شمع أبيض معتم اللون صلب له نسبة انكماش عالية .
برافين	16	
سيريزين	21	
كارنوبا	16	
شمع الهالة	8	

2- التركيبة الثانية

المكونات	النسبة	خصائص المركب
شمع النحل (العسل)	1	شمع شفاف يميل إلى الأصفر فإذا كان وضع الطبقات من هذا الشمع له ميل للانفصال عند الغمس فيوصي جونستون بإضافة قليل من راتنج القلفونية والتربنتين .
برافين	1	
سيريزن	1	

كما أضاف قدال (1998م) أن **فليب كليرن Philipe Clerin** وضع صيغة أخرى تستخدم في طريقة الغمس أو الصب مختلفة عن طريقة جونستون باختلاف طفيف ، إلا أنهما أتفقا في الحد من استخدام راتنج القلفونية بسبب مايخلفة من بقايا كربونية أثناء عملية تحميص القالب الحراري . وتميزت تركيبات فليب بتنوع خواصها من لدونه عالية إلى متوسطة إلى صلبه تبعاً لحالة الطقس البارد والمعتدل والحار بالتوالي . وفيما يلي عرض لتلك المكونات على حسب حالة الطقس المناسبة لكل صيغة منها .

1- التركيبة الأولى

المكونات	النسبة	خصائص المركب
شمع النحل (العسل)	50	تستخدم هذه التركيبة في حالة الطقس البارد .
برافين	40	
فازلين	7	
لانولين	3	

2- التركيبة الثانية

المكونات	النسبة	خصائص المركب
شمع النحل (العسل)	40	تستخدم هذه التركيبة في حالة الطقس المعتدل .
شمع برافين	40	
فازلين	5	
قلفونية	15	

3- التركيبة الثالثة

المكونات	النسبة	خصائص المركب
شمع النحل (العسل)	20	تستخدم هذه التركيبة في حالة الطقس الحار .
شمع برافين	30	
سيريزين	30	
شمع كارنوبا	20	

الطرق والأساليب المستخدمة لتنفيذ النموذج الشمعي في سباكة الشمع المفقود :

تتفق الباحثة مع تقسيم قدال (1998م) للتقنيات المستخدمة في سباكة الشمع المفقـود لتنفيـذ نموذج شمعي إلى طريقتين أساسيتين وهما كالتالي :

أولاً: طريقة غير مباشرة : حيث تنفذ النسخة الشمعية بواسطة الصب في قالب ، يصنع إما من مـادة صلبه أو مرنه .

ثانياً: طريقة مباشرة : وهي إما أن تنفذ النسخة الشمعية مباشرة باستخدام قلب حراري (الدلاليك) أو تنفذ مباشرة بدون استخدام قلب حراري ، أي يشكل الشمع كتلة كما يشكل الطين حراً باليد .

أولاً : الطريقة غير المباشرة لتنفيذ النموذج الشمعي :

تقسم القوالب المستخدمة لتنفيذ النموذج الشمعي بالطريقة غير المباشرة إلى قسمين :

1- قوالب صلبه : كقوالب الجبس (إما الهالك أو المستديم) ، أو لدائن البولى استر .

2- قوالب مرنة : ولها نوعان طبيعي (جلاتين أو غراء) وصناعي (السيلكون ، والكلوروجل) .

1- القوالب الصلبة :

أ- قالب الجبس الهالك : يرجع قدال (1998م) سبب تسميته بالقالب الجبسي الهالك لأنـه يـتم تحطيمه لاستخراج النسخة المسبوكة ، ويتكون هذا القالب من قطعة واحدة ، وأن الميزة الوحيدة لهـذا القالب هو تقليل الخطوط الدقيقة التي تقسم أجزاءه ، ويعيب القالب الهالك استخراجه نسخة واحـدة فقط لان القالب يكسر لاستخراجها .

طريقة عمل قالب من الجبس الهالك سم :

- يصنع نموذج لشكل ا سم المطلوب سباكته من مادة الطين .

- يكسى الطين بطبقة من الجبس* سمكها لا يقل عن 1سم بحيث تقسم طبقة الجـبس المكـسية إلى جزئين أو أكثـر حـسب الخلـوص (Under Cut) بالنموذج المشكل , وتسمى تلك القطع المشكلة من الجبس بالجاكيت (القميص) شكل (43) .

- ضرورة عزل تلك الأجزاء بين كل قطعة وأخرى ، ويـتم تنفيذ العزل بوضع شريط من الطين ، أو السلك ، مع ضرورة عمل مفاتيح بين تلك القطع كما يظهر في الـشكل (44) التي تعمل على ضبط وضع أجـزاء القالـب بعـد فتحـة لاستخراج النموذج الطيني وتنظيف الجاكيت منه .

شكل (42)
يوضح طريقة خلط الجبس
(جون ميلز John W. Mills
1990م ، صـ174)

---

* يراعى خلط الجبس في وعاء دائري القاع وأن تكون نسبة الجبس المضافة للماء مناسبة لكمية الماء الموجودة بالوعـاء شكل (42) .

- يفـتح الجاكيـت ويـستخرج النموذج منه ، مع مراعـاة تنظيفـه جيداً من الطين ، ثم تعـزل أجـزاء القالـب بالـصابون أو الزيـت أو الشحم .

- يغلق الجاكيت (أجزاء القالب) مرة ثانية ، وذلك بإرجاع كل قطعة في مكا ا .

- يقلب القالب (الجاكيت) رأسـاً على عقب لصب مادة قالب الجـبس الهالك (المتكون من الجبس) .

- يترك القالب إلى أن يجف ، ثم يفتح الجاكيت ويستخرج منه قالب الجبس الهالك .

- ولصب النسخة الشمعية* في قالب الجبس الهالك يتم أولاً عزل القالـب بغمرة في الماء إلى أن يتـشرب ، ثم يكسى القالب بطبقة شمعية لا يقـل سمكها عن 0.5سم .

شكل (43)

يوضح وعاء من الجبس (قميص) يحتوى إجزاء القالب

(جون ميلز John W. Mills ، 1990م ، صـ169)

شكل (44)

يوضح مفاتيح أجزاء القالب الموجودة بين كل قطعة وأخرى ، والتي تعمل على إرجاع كل قطعة في مكا ا

(جون ميلز John W. Mills ، 1990م

صـ174)

ب- قالب الجبس المستديم : سمـي بالقالب الجبسي المستديم لأنه يمكـن استخدامه عدة مرات لاستخراج عدة نسخ شمعية ، ويتكون هذا القالب من عدة أجزاء يتحدد عددها على حسب القطع السفلي Under cut (الخلوص) لشكل العمل المراد سباكته , بحيث يراعى عند تقسيم تلك الأجزاء إمكانية نزعهـا بسهولة بدون كسر أو إضرار بالشكل المراد سباكته ، ويؤكـد جـون ميلـز John W. Mills

* يستخرج هذا القالب نسخة شمعية واحدة فقط .

(1990م) ضرورة تجميع قالب الجبس مباشرةً بعد صبة وفكه لاستخراج نموذج الطـين ، حـتى لا يحدث له أي تحوير أثناء الجفاف ، ويستخدم لتجميع وتثبيت تلك الأجزاء وعاء يحتوي علـى جـبس يسمى بالقميص أو الجاكيت كما يظهر في شكل (43) .

المواد العازلة المستخدمة مع القوالب الصلبة :

تستخدم المواد العازلة لتغطية سطح النموذج إذا كان مصنوعاً من الجبس أو الخـشب أو الرخـام لتسهيل عملية فصل القالب عن النموذج ، بحيث تكون طبقة العازل المستخدمة رقيقـة جـداً ، أي لا تترك علامات أو تخفي التفاصيل الدقيقة من النموذج . أما في حالة النموذج المصنوع من الطـين فـلا تستخدم مادة عازلة ، لان الطين سينفصل بطبيعته عن قالب الجبس بمجرد فقده لنسبة من رطوبتـه . وغالباً ما تستخدم مادة الشحم كعازل بين القالب وسطح النموذج .

وقد تناول قدال (1998م) مجموعة من التركيبات التي يمكن استخدامها مع اختلاف مادة القالـب المستديم كمادة عازلة بين النموذج وسطحه كما يلي :

العازل	تركيبة	ميزات	عيوب
عازل للجبس تركيبة Jack C.Rich	2وقية مـن محلـول الجومالكـة في الكحول لكـل 1/8 جـالون مـن الكحول بعد استخدام أو استخدامين لهذا المحلول يضاف إليها زيت التشحيم بكمية ضئيلة .	ينتج عنـة سطح مـن الجبس ناعم وإسـفنجي إيجابي .	إذا زادت كمية زيت التشحيم تختلط بسائل الجبس المصبوب كما قد يؤدي ذلـك إلى تلف بعض الأجزاء .
عازل للجبس تركيبة آخرى Jack C.Rich	شمع النحل الأبيض أو الأصفر : واحد جزء . رباعي كلوريـد الكربـون 9 أجزاء . يوضع الـشمع في ربـاعي كلوريـد الكربون لمدة يومين لكي يذوب وبعد ذلك يمكن استخدامه .		
عازل للجبس تركيبة Herman Pring	مـسحوق الجومالكـة slalle 10 أجزاء . بوركس Borax 5 أجزاء .		يجب أن يكون المحلول جـاهزاً للاسـتخدام خلال يومين أو ثلاثة

	100 جزء ماء ساخن.		لا أكثر حتى لا يسبب مــشاكل في فــراغ القالب .
عازل للجبس تركيبة Philipe Cleria	زيت الخروع 3 أجزاء .كحول واحد جزء . تركيبة زيت الأبلينا كافية للتلوين .		
عازل للجبس تركيبات من تجارب فدال (1)	يستخدم الصابون للعـزل وأفـضلها الصابون الأخضر وزيــت الزيتـون وصابون التاج الإنجليزي .		يجب خلط المكونات من زيت الزيتون مـع الصابون الأخضر حتى لا يترك فقاقيع هـواء تـسبب فراغـات في النسخ .
عازل للجبس (2)	مادة الطين	عازل جيد	يترك لوناً في النـسخ بلون الطين .
عازل شكل من خامة الرخام (3)	يعزل الرخام بغلاف مكون من شمـع العسل الأبيض مـذاب في التـرابنتين يدهن على الحجر قبل الـصب وهـو ساخن ثم يزال طبقة الغـلاف بعـد الصب بالتربنتين النقي .	عازل جيد	يجب توازن المكونات بالخبرة بحيث لا تزيد كمية الشمع أو تقـل حتى لا تكـون ذات سمك كبير يؤثر علـى تفاصيل العمل .
عازل للجبس لشكل من خامة الخشب (4)	يستخدم الجومالكة بواسطة الفرشـاة لعزل شكل من الخشب ثم ينظف بعد الصب بالكحول .	عازل جيد	
عازل للجبس لخامة من الخشب المدهون (5)	يعامل معاملة الخشب المدهون معاملـة الرخام بالشمع المذاب بالتربنتين .		

عازل للجلد البشري (6)	يستخدم زيت أو دهن علـى سـطح الجلد البشري وخاصة إذا وجد شـعر مهما كان دقيقاً ؛ يـستخدم الزيـت الحلو وزيت المعدن والفازلين .	عازل جيد	الزيت الحلو مادة غالية الثمن وخاصة عنـد صب حجم كبير .
صب شكل من الطين (الصلصال) (7)	لا يجب أن يكون الشكل جافاً ويمكن ترطيبه بالماء .	عازل جيد	

أما عن طريق عزل سطح القالب المستديم عن النسخة الشمعية ، فيتم بغمر قالب الجبس في ماء ساخن حتى يتشرب (ويمكن معرفة ذلك عند خروج فقاقيع هواء صغيرة من القالب وهو مغمـور في المـاء) ومن ثم يتم دهن القالب بالصابون السائل ، ومن ثم يصب الشمع دافئاً بداخل القالب ، مع الاسـتمرار بإدارة القالب حتى يكُون الشمع طبقة ، أو تستخدم الفرشاة لوضع الشمع في القالب وهو مفتوح* .

طريقة عمل قالب مستديم من الجبس :

- تتبع نفس الخطوات السابق عرضها في تشكيل قالب الجبس الهالك** حتى الحصول على النمـوذج الجبس .
- يعزل سطح نموذج الجبس بطبقة من الصابون أو الشحم ، ثم تكسى بطبقة من الجبس تجزأ إلى أجزاء بحسب الخلوص (Under Cut) في الشكل . مع مراعاة عزل كل قطعة عن الأخرى بشريط مـن الطين أو نحوه ، ويشكل في طرف كل قطعة فراغ تحتويه القطعة التي تليه ، وتعمل هذه الفراغات على ضبط وضع كل قطعة في مكا ا الحقيقي بعد فكها لاستخراج النموذج الشمعي .
- توضع تلك الأجزاء في وعاء يملأ بالجبس يطلق علية الجاكيت (القميص) كما يظهـر في شـكل (32 _ أ) ، الغرض منه تثبيتها في مكا ا ، ويتم ذلك بتشكيل فراغات مخروطية الشكل تعمل علـى إرجاع كل قطعة في مكا ا بداخل الوعاء ، إضافة إلى إمكانية ربط تلك القطع بسلك معدني يمتـد إلى خارج الوعاء (القميص) المكون من الجبس ، لتعمل على تثبيت قطع القالب في مكا ا أثناء تحريكـه وإدارته أثناء صب الشمع .

---

* لا يستخدم الزيت أو الشحم في عزل القالب عن طبقة الشمع لأن الزيت سيذوب في الشمع .

** الخطوات من (1) إلى (7) .

- يفتح الجاكيت ويستخرج منه النموذج المصنوع من الجبس .
- ولصب نسخة شمعية يراعى عزل قالب الجبس المستديم ، وذلك بغمره في وعاء بة ماء ساخن أو دافئ ويترك فيه إلى أن تتشرب جميع أجزاء القالب بالماء ، ويتأكد من ذلك بخروج فقاقيع من الهواء من أجزاء القالب .
- تصب المادة الشمعية بداخل فراغ القالب من الفتحة المخصصة لذلك ، مع الاستمرار بإدارة القالب لتكون طبقات من الشمع الواحدة تلوا الأخرى ، ويمكن معرفة سمك قالب الشمع بـالنظر إلى حافـة القالب .
- يفتح الجاكيت (القالب المستديم) وتستخرج النسخة الشمعية منه* .

ج- قالب من لدائن البولي استر : البولي استر عبارة عن مادة بلاستيكية سائلة ولزجة نوعاً ما تتصلب بالحرارة Thermoseting ، فبمجرد تحول راتنج البوليستر إلى الحالة الصلبة فإنه يصبح مادة غـير قابلة للذوبان أو الصهر ، ويستخدم الفنان البولي استر في صنع القوالب ، ويحتاج فقط إلى إضافة مـادة **محفزة** (العامل المساعد) لفعل ذلك التصلب والمتمثلة في البركسايدات العضوية ، وأكثرها اسـتخداماً (بركسيد كيتون اثيل المثيل " Methyl Ethy Keton Peroxide " KEM) فبمجـرد إضافة العامل المساعد يبدأ عمر التصلب (وهي الفترة التي يتحول فيها البولي استر من المادة السائلة إلى المادة الصلبة وهي على ثلاث مراحل : الفترة الأولى فترة الجل ، الفترة الثانية فترة الصنفرة الفترة الثالثة فترة المعالجة الكاملة .

كما يضاف إليه **المعجل** (المنشط أو المسرع) إذا لم يكن مضافاً إليه عند شرائه ، ويتم اضافته قبل إضافة العامل المساعد مع خلطه جيداً براتنج البولي استر ، ويقتصر دورالمعجل على امداد البولي اسـتر بالطاقة الحرارية اللازمة للإسراع بعملية التصلب ، ونظراً لأن المعجل لا يتفاعل سـوى مـع العامـل المساعد فإنه يمكن إضافته بأمان إلى البوليستر الخام .

ويمكن تقوية البولي استر بإضافة ألياف الفيبر جلاس بين طبقاته ، والبولي استر يقاوم درجة الحرارة حتى 250 ف تقريباً ، وبعضها يقاوم درجات الحرارة حتى 500 ف ، كما أنه مقـاوم للزيـوت والأحماض والقلويات ، و يمتاز برائحة غير كريهة تختفي بمجرد تصلب البولي استر ، ويمكن تخزينه لعام واحد فقط في منطقة باردة أي في درجة حرارة لا تتعدى 18°م ، أما تخزينه في درجة حرارة الغرفـة

* يستخرج من القالب المستديم من 5 إلى 10 نسخ شمعية فقط .

12°م تقريباً تخزن ما يقارب سته أشهر . ومن أهم خصائصه خفة وزنه ، وقوته التي قد تـصل لقـوة المعدن وسهولة صنعة ومعالجته وتشطيبه .

طريقة عمل قالب سم من البولي استر :

- عمل ركائز من النحاس تأخذ شكل العمل المطلوب تنفيذه مثبته على لوح سميك من الخشب .
- تكسية الركائز بالطين (عمل النموذج) أي تشكيل الشكل المطلوب .
- تقسم الشكل لعمل جزئي القالب بوضع فاصل من الصاج الرفيق يعمل على فك جـزئين القالـب بأمان ، وعمل مفاتيح لغلق القالب في وضعة الصحيح بعد ذلك .
- خلط مادة الجبس ، ثم تكسية النموذج بطبقات متعددة منه لتشكيل الجاكيت .
- فتح الجاكيت لإخراج النموذج الطيني وتنظيف القالب تماماً من الداخل .
- عزل القالب من الداخل بمادة عازلة (كالجومالكة) إستعداداً لعمل قالب البولي استر .
- دهن قالب الجبس (الجاكيت) من الداخل بخام البوليستر باستخدام الفرشاة ثم تدعيمه بالفيبر جلاس (ليف زجاجي) (طبقة أو أكثر بولي استر ثم وضع ألياف الفايبر جلاس ثم وضع عدة طبقـات مـن البولي استر) .
- يغلق الجاكيت ، ويكسر قالب الجبس باستخدام الأزاميل .
- يدهن القالب بعد ذلك بالشمع .

2- القوالب المرنة :

أـ قوالب طبيعية (جلاتين أو غراء) : تعتبر قوالب الجلاتين أو الغراء وسيلة حديثة نسبياً ، تتميـز بإنخفاض تكلفتها ، الأمر الذي زاد من استخدامها في المسابك الصغيرة ، وذلك ما أكده جـون ميلـز John W. Mills (1990م) من استخدام هذه الطريقة في المسابك الصغيرة بشمال إيطاليـا . وأضاف قدال (1998م) إن هذه المادة الجلاتينية متوفرة على هيئة ألواح أو مسحوق خـشن ، وإن الأنواع الجيدة منها ذات لون أبيض شفاف ، كما أ ا قابلة للكسر وهي جافة ، ونسبة الشوائب ـا قليلة ، وامتصاصها للماء كبير .

ويؤكد جون ميلز John W. Mills (1990م) إن مادة الجلاتين تستخدم لصنع القوالـب المرنة وذلك باضافة مواد آخرى إليها كالغراء والجلسرين والماء --- إلخ ، لتجعلها مناسبة ومقاومـة

لصنع القوالب وقد أشار قدال (1998م) عن النسب والمواد المكونـة لمـادة القوالـب الطبيعيـة (الجلاتين والغراء) كالتالي :

صيغة الخليط	المواد الداخلة في الخليط	طريقة التنفيذ
صيغة Prinz لقالب الجلاتين	غراء النجار (الخشب) 20 جزء . جلاتين 20 جزء . جلسرين 20 جزء . زيت بذرة القطن 20 جزء . ماء 125 جزء .	يوضع الغراء والجلاتين في ماء بداخل وعاء مزدوج مطلي بالميناء ويتـرك لمدة أربع ساعات ويتم التسخين حتى يذوب الخليط ثم يضاف الجلـسرين وزيت بذرة القطـن مـع اسـتمرار التقليب .
صيغة آخرى لقوالب الجلاتين	جلاتين 5 أجزاء . لتر ماء . تربنتين نباتي قليل من الفورملين .	ينقع الجلاتين في الماء ثم ينقل إلى وعاء مزدوج للتسخين وعنـدها يـضاف التربنتين النباتي والفورملين الذي يمنع تعفن الجلاتين .
صيغة Prinz لقوالب الغراء	غراء حيواني 200 جزء . جلسرين 50 جزء . ماء 50 جزء .	يغمر الغراء بالماء طوال الليل لمدة 12 ساعة ثم يفرغ الماء الزائد ويـضاف الجلسرين بإذابته على نار هادئة مـع استمرار التقليب حتى يزن المخلـوط 250.
صيغة Fredericks لقوالب الغراء	غراء 16 أوقية . المولاس 14 أوقية .	يوصي (Fredericks) باستخدام المولاس (مادة خام تفصل عن السكر) مع الغراء فيتم تكسير الغراء إلى قطع صغيرة ويترك في الماء لمدة 12 ساعة بعدها يتخلص من الماء الزائد ويسخن الغراء بعناية على لهب صـغير ويـتم تدفئة المولاس على حدة وعندما يبدأ في الغليان يضاف إلى الغراء الـساخن ويقلب المخلوط بسرعة .



ويتم إعداد الجلاتين للصب بتكسيره وغمره في الماء بحيث يكون الماء بنسبة 1 لتر إلى 5 كيلو جلاتين ، ويترك الجلاتين في الماء لمدة 12 ساعة ثم يسخن في حمام مائي كما في شكل (45) وعندما يذوب يضاف إليه الفورمالين حتي لا يتعفن والمواد الأخرى المضافة في الجدول ثم تصب داخل الجاكيت (القميص) المصنوع من الجبس .

شكل (45)
يوضح حمام مائي يستخدم لتسخين مادة القالب المرن
(جون ميلز Joun .W.Mills ، 1990م
صـ 177)

طريقة عمل قالب من الجلاتين سم :

- يصنع نموذج للشكل المراد سبكه من مادة الجبس .
- يعزل سطح النموذج بمحلول الجومالكة Shalle وزيت التشحيم ، أو مخلوط يتكون من أجزاء متساوية من شحم حيواني Tallow ودهن الخنزير Lard ، يوضع طبقة منه فوق سطح النموذج وبعد جفاف تلك طبقة تصنع كتلتاين أو أكثر أسطوانية من الجبس في أجزاء متفرقة من النموذج (تمتد إلى خارج الجاكيت) يصب من أحدها المادة الجلاتينية والآخرى لخروج الهواء .
- يغطى النموذج بطبقة من الطين يبلغ سمكها 1سم تقريباً .
- يغطى الطين بطبقة من الجبس لعمل الجاكيت بحيث يجزأ الجاكيت الجبسي إلى نصفين أو أكثر بحسب الخلوص للشكل المراد سباكته ، ويتم ذلك بتغطية النصف الأول بطبقة من الجبس ، ثم نضع فيها علامات سالبة على هيئة فراغات (مفاتيح)* ، ثم يتم عزل أطراف الجبس بالشحم أو الصابون ، ثم يغطى باقي الشكل بالجبس فبذلك يكون قد شكل قميصاً

شكل (46)
يوضح طريقة فك أجزاء القالب (الجاكيت) لإستخراج الطين ثم غلق الجاكيت لصب المادة الجلاتينية
(جون ميلز John W. Mills
1990م ، صـ104)

* تعمل المفاتيح أو البروزات في الجاكيت كدلائل لضبط وضع أجزاء القالب عند إغلاق الجاكيت فيما بعد .

(جاكيت) من الجبس .

- بعد أن يتصلب الجبس يمكن فك أجزائه وإزالة الطين ، لكي يترك فراغاً بين النموذج والجاكيت ، ثم يعاد غلق الجاكيت ، فوق النموذج كما يوضحة شكل (46) .

- يصب الجلاتين في الفراغ* كما في شكل (47) ، ويترك 12 ساعة قبل فتح الجاكيت .

- يفتح الجاكيت لاستخراج قالب الجلاتين .

- تدهن مسطحات قالب الجلاتين الداخلية بطبقة مـن مركب الشبة Alum (سلوفات ألومنيوم + بوتاسيوم + طبقة ورنيش فرنسي) . لجعل القالب صلباً وقوياً يتحمل الحرارة المتصاعدة من الجبس .

- ولصب نسخة شمعية بداخل قالب الجلاتين ، يتم ذلك بصب طبقة الوجه من الشمع السائل ويجـب أن يكـون الشمع المصبوب بداخل القالب الجلاتيني بارداً . ويؤكـد ستيف هورست Steve Hurst " أن صـب الـشمع داخل قالب الجلاتين يتطلب مهارة وتحكماً شديداً في درجة حرارة الشمع عند استخدام قوالب المطاط ، فصب الشمع بدرجة حرارة عالية يشوه سطح القالب . ولفحص درجة حرارة الشمع ادهن طبقة رقيقة من الشمع على سطح شحمي ثم خذ جزءاً بحافة سكين وأغمـسها في شمع بارد فلو ذابت سريعاً فهذا معناه أ ا ساخنة جداً وسوف تدمر الجلاتين " (صـ 67) .

شكل (47)
يوضح طريقة صب المادة الجلاتينية في فراغ القالب
(جون ميلز John W. Mills
1990م ، صـ 104)

- ويتم وضع أول طبقة من الشمع باستخدام فرشاة مع مراعاة عدم تمرير الفرشاة على نفس الـسطح أكثر من مرة** .

- تكرر عملية وضع طبقات من الشمع حتى يتجمد السمك المطلوب وذلك بالنظر في أطراف القالب بحيث لا يقل سمك طبقة الشمع عن 0.5 سم .

---

* " يجب إختبار المادة الجلاتينية قبل صبها في فراغ القالب ، بوضع أصبع اليد فيه ، فإذا كان دافئاً وتتحمل حرارتـه اليد تتم عملية الصب (مع مراعاة عدم صبة ساخناً) " (قدال ، 1998م ، صـ 86) .

** لان ذلك التمرير المتكرر قد يكون طبقة شمعية سميكة في بعض المناطق أكثر من المناطق الآخرى .

- ي ع القالب الجلاتيني عن النسخة الشمعية ، ويتم ذلك بطريقتين أما بشق القالـب الجلاتـيني إلى نصفين ، أو استخراجه من الفتحة المعدة لصب السائل الشمعي* .
- ويمكن تخرين قوالب الجلاتين لفترة قصيرة جداً ، والطريقة السليمة لحفظها تكون إما بوضعها في الماء البارد أو وضعها في الثلاجة .

ب- القوالب الصناعية (الكلوروجل ، السليكون) :

ـ قالب الكلوروجل (Kloregel) : وهي مادة مرنة تشبه المطاط وذكر ةـدال (1998م) يقول Jack C,Rish عنها :

> إ ا من أجود الأنواع التي يمكن استخدامها في القوالب السلبية المرنة وتعرف باسم الكلوروجل " Kloregel " ويمكن استخدامها في صب نسخ من الشمع بديلاً عن الجلاتـين وهـي لا تتأثر بالماء . ولا ضرورة لإستخدام الزيوت والشحومات في عزلها لإنتاج النسخ بمـا يجعلـها دقيقة في إخراج التفاصيل كما أ ا لا تتمدد ولا تنكمش ولا تتفتت عند استعمالها ، وإذا ترك القالب السلبي لفترة طويلة فلا يجف ولا يفسد ويمكن استخدامه مـرات كـثيرة لا يمكـن حصرها ، بدون إضافة مواد آخرى وذلك بإعادة صهرها . (صـ 89) .

ويراعى عند إعادة استخدامها صهره كمية صغيرة منها على لهب منخفضة الحرارة في وعاء مطلـي بالمينا ، وعندما تذوب المادة يتم إضافة الباقي منها ، وبعد الذوبان يتم إطفاء اللهب وتركها دون تقليب لكي تسمح لفقاعات الهواء الصعود إلى السطح ، ويسمح لدرجة حرارة المادة الـسائلة أن ـبط إلى 250ف ويراعى صبها وهي سائلة .

طريقة عمل قالب من الكلوروجل سم :

تتبع نفس الخطوات السابق ذكرها في عمل قالب من الجلاتين** من حيث صنع النمـوذج مـن الجبس ، ثم عزله ، ثم تغطيته بطبقة من الطين ، ثم عمل الجاكيت (من الجـبس) ، ثم صـب المـادة المستخدمه لصنع القالب وتستبدل ا بمادة الكلوروجل ، وتترك بداخل الجاكيت لعدة ساعات فقـط

---

* يتميز قالب الجلاتين بمرونتة وقابليتة للمطاطية ثم عودته إلى وضعة الطبيعي .

** يتبع نفس الخطوات من (1) إلى (6) لعمل قالب من الجلاتين .

حتى يجف القالب المصنوع من مادة الكلوروجل ، ثم يفتح الجاكيت لاستخراج القالب المرن . وبعدها يكون القالب جاهزاً لصب النسخة الشمعية بداخله .

ـ **قالب مطاط السيلكون (Silicone Rubber) :** اتفق قدال (1998م) مع مـا ذكـره جون ميلز John W. Mills (1990م) بأن مطاط السيلكون يتميز بجودته العالية التي تـضاهي مادة الكلوروجل في إنتاج عدد كبير من النسخ ، كما أنه لا يتأثر بحرارة الشمع أو الجبس ، ولا يتـأثر بالماء أو ارتفاع درجة الحرارة ، كما أن حجمه ثابت أي لا يتمدد أو يـنكمش ، إضـافةً إلى تـوفره وسهولة استخدامه . ويضاف مجفف مطاط السيلكون بكمية ضئيلة بحسب الزمن المراد تجفيفه ، أو قد يستخدم جاهزاً (أي مخلوطاً با فف) (قدال ، 1998م) .

طريقة عمل قالب من السليكون سم :

تتبع نفس الخطوات المستخدمة لصنع قالب من الجلاتي* ، إلا أ ا تستبدل بمادة السيلكون ويوضـح شكل (48) خطوات عمل قالب مرن (صناعي) من مطاط السيلكون ، ويفضل قبل صبة التخلص من فقاعات الهواء التي قد تتكون من خلال التقليب (في حالة إضافة ا فف إليها) وذلك باسـتعمال جهاز لشفط الهواء .

1 - عمل إطار خشبي حول النموذج .

2- يصب مطاط السيلكون ليغطي ويملأ الصندوق الخشبي .

3- يترك المطاط ليجف ثم يقلب ويـ ع الشكل من الإطار أو الصندوق .

4- تصب النسخة في فراغ القالب .

شكل (48)

يوضح خطوات عمل قالب مرن (صناعي) من مطاط السيلكون

(قدال ، 1998م ، صـ 94)

* يتبع نفس الخطوات من (1) إلى (6) لعمل قالب من الجلاتين .

ثانياً : الطريقة المباشرة لتنفيذ النموذج الشمعي :

تعد هذه الطريقة (المباشرة) أفضل من الطريقة السابقة (غير المباشرة) من حيث استخدام الفنانين لها لإنتاج أعمالهم الفنية ، وذلك لما تميزت به من سرعة في الإنتاج ، إضـافة إلى اختـصارها للوقـت والجهد المبذول ، وقلة تكلفتها المادية ، كما أ ا تكسب العمل حيوية ، نظراً لما تتيحه من معالجـات مباشرة على سطح النموذج الشمعي ونقل سريع للتفاصيل الدقيقة والمعقدة التي قد يصعب تنفيذ قالب لها ، كما أ ا تعطي حرية أكبر للفنان في تشكيل إبداعاته الخطية والفراغية والشكلية مباشـرةً علـى الشمع .

إلا أن ما يعيب استخدام هذه الطريقة (التشكيل المباشر) هو إمكانية إنتاج قطعة واحدة فقط من العمل المسبوك ، بالإضافة إلى أنه في حالة حدوث خطأ في السباكة قد نفقد العمل , لذلك لا بد مـن توخي الحذر من الوقوع في الخطأ أثناء تنفيذ تلك التقنية والتي يجب اتباع خطوا ا بدقة وحرص .

وتقسم الطريقة المباشرة إلى نوعين اتفق علىذكرها قدال (1998م) مع ما جـون ميلـز John W. Mills (1990م)كالتالي :

1- تشكيل مباشر للشمع على القلب (الدلاليك) .

2- تشكيل مباشر للشمع بدون القلب .

1- التشكيل المباشر للشمع على القلب (الدلاليك)[*] :

- نقوم بعمل دعائم (كاركاز) من النحاس لها نفس شكل التصميم المراد سباكته ، حيث ذكر جون ميلز John W. Mills (1990م) أنه بالإمكان دمج وظيفتي الدعائم مع وظيفة قناة التهوية للقلب وذلك بلف الدعائم النحاسية بخيط من الدوبار مكسي بالشمع ممتداً إلى خارج القالب كما هي موضحة في شكل (49) ، وعند تحميص القالب ينـصهر الشمع وتحترق الدبار تاركةً فراغاً داخل القلب ، ووظيفـة

شكل (49)

يوضح دمج وظيفتي الدعائم مع وظيفة قناة التهوية للقلب وذلك بلف الدعائم النحاسية بخيط من الدوبار مكسياً بالشمع ممتداً إلى خارج القالب ، كما يظهر فيها تكسية الدلاليك الداخلية بطبقة من الشمع وتثبيتها بالمسامير مع الدلاليك الخارجية (جون ميلز John W. Mills 1990م ، صـ 49)

---

[*] يقصد بالدلاليك القالب الحراري أنظر صـ 149.

هذا الفراغ خروج الغازات المحتبسة في القلب الناتجة عن مصهور المعدن إلى خارج القالب .

- تخلط مادة القلب المكونة من مسحوق الطوب الأحمر (الحمـرة) أو مـسحوق الطـين المحـروق (Grog) بنسبة 3 إلى واحد من الجبس قبل مزجهما بالماء (لتدخل حبيبا ا مع بعـضها الـبعض بشكل أفضل) .

- توضع طبقات من مادة القلب بانتظام حول الدعائم حتى تغطى تماماً بمادة القلب ، مع مراعاة التوقف فترة زمنية بسيطة بين كل طبقة وأخرى حتى تتصلب الطبقة الاولى قبل وضع الطبقة التي تليهـا ، وإذا جفت إحدى الطبقات تماماً فيمكن رشها بالماء قبل وضع الأخرى ، وذلك من أجل ضمان التماسـك بين تلك الطبقات كما أ ا تحقق الاندماج بين طبقات القلب بعضها البعض .

- يدهن القلب بالشمع السائل عدة طبقات على حسب السمك المطلوب من البرونز بحيث لا يقـل سمك الشمع عن 0.5سم .

- يتم التشكيل مباشرةً على الشمع ومن ثم عمل اللمـسات الأخيرة عليه كالتنظيف والتنعيم وتوقيع الفنان على العمل .

- يثبت القلب بمسامير تخترق الشمع وتمتد إلى داخل القالب كما هو موضح في شكل (50) , وتعمل هذه المسامير على تثبيت القلب مع القالب الخارجي (الدلاليك) والـتي سـيتم تنفيذها فيما بعد .

شكل (50)

يوضح قنوات صب المعدن وخروج الهواء وقمع الصب

(جون ميلز John W. Mills 1990م ، صـ 49)

- عمل قنوات صب المعدن وخروج الهواء وقمـع الـصب شكل (50) .

- يدهن سطح العمل الشمعي والمصبات بـالكحول لإزالـة الدهون باستخدام فرشاة دقيقة .

- يغطى الشكل الشمعي بطبقـة الغـلاف الأولى (طبقة الوجه) كمـا في شكل (51) من نفـس مادة القالـب الحـراري

شكل (51)

يوضح تغطية الشكل من الخارج بطبقة الوجه (من نفس مادة الدلاليك) لتعمل على ثبات المصبات بالنموذج الشمعي وعدم حركتها عند صب باقي المخلوط

(الدلاليك) المكونة من الطوب الأحمر والجبس ونشارة الخشب , حيث تعمل هذه الطبقة بدورها في تثبيت قنوات التغذية والمصبات مع القالب الحراري .

- توضع صفيحة أسطوانية من الصاج حول العمل ليصب القالب الحراري



شكل (52)

يوضح خلط مادة الدلاليك وصبها على الجدران وليس على النموذج مباشرةً كما يظهر الدليك جاهزاً لتحميصة

(قدال ، 1998م ، صـ174)

(الدلاليك) بداخلها فيما بعد ، وتصب تلك المادة (الدلاليك) حول الشكل بكاملة والمصبات حتى تمتلئ الأسطوانه بالمخلوط* كما في شكل (52) وبذلك يصبح جاهزاً لتحميصه .

- يحمص القالب الحرارى في أفران خاصة بالتحميص مع مراعاة وضع العمل مقلوباً ، لينصهر الشمع لخارج القالب تاركاً فراغاً يملؤه المعدن فيما بعد .

_ وبعد إ اء عملية صب المعدن وتجمد المسبوكه يكسر القالب الخارجي (الدلاليك) لإخراج المسبوكة البرونزية منه .

2- التشكيل المباشر للشمع بدون القلب :

نحصل من خلال التشكيل المباشر بدون القلب على أعمال برونزية " **مصمته** " ، وتتفق الباحثة مع تقسيم قدال (1998م) للتشكيل المباشر للشمع بدون قلب إلى نوعين ، وذلك حسب أشكال الشمع المستخدم في التشكيل كالتالي :

أ- التشكيل باستخدام الشمع كتلة .

ب- التشكيل باستخدام ألواح مسطحة من الشمع .

* يجب عند صب مادة الدلاليك (القالب الحراري) بداخل الصاج الأسطواني مراعاة تركيز صب مادة المخلوط في الأطراف وليس على الشكل مباشرةً .

أ- طريقة التشكيل باستخدام الشمع كتلة :

وهذه الطريقة مشابهة تماماً لطرق التشكيل في الطين أو الصلصال ، ويعتمد فيها على التشكيل الحر باليد قبل استخدام الأدوات كما في شكل (53 _ أ) وتستخدم هذه الطريقة عندما يكون العمل المراد تنفيذه صغير الحجم فينفذ مصمتاً لان تفريغه لن يقتصد كثيراً من المعدن .

كما ذكر سابقاً أنه بالإمكان تلين كتلة الشمع ليسهل استخدامها في التشكيل المباشر بتقطيعها إلى قطع صغيرة (للإضافات والتفاصيل) وأخرى كبيرة (لتشكيل القطع الأساسي) وذلك بوضعها أما بداخل الناقوس الحراري شكل (64) صـ 149 المخصص لتليين الشمع ، أو تلينها بآلة اللحام وبعد الانتهاء من التشكيل البنائي نقوم بوضع التفاصيل بإضافة كميات آخرى من الشمع يتم لحامها باستخدام أداة صهر كهربائية (كاوية اللحام) كما في شكل (53 _ ب) ويمكن تغير رؤسها بأشكال مختلفة ، كما تستخدم الأدوات المعدنية (الضفر) لحذف وإزالة الشمع الزائد والتأكيد على التفاصيل كما في شكل (53 _ ج) إذ يمكن تسخينها باستخدام لهب بسيط كما في شكل (53 _ د) ، أواستخدام كاوية اللحام الكهربائية ، كما يمكن الحصول على تأثيرات مختلفة بتسليط لهب خفيف ينعم السطح الشمعي .

ونقل قدال (1998م) عن ريتشارد مـاك دورمـت Richard Mc Dermott " أنه بالإمكان عمل دعامة شمعية من خلال قالب يصنع حسب الشكل المراد ، بحفرة مباشرةً على الجبس وذلك يفيد في إنجاز أشكال فراغية لها أطراف متباعدة ، وعقدة الخلوص متناهيـة في الدقـة يـصعب تنفيذها بالصب في قالب ، ويفيد أيضاً في الإسراع وإنتاج أكثر من شكل حيث نقوم بتغيير حركات الأوضاع من شكل إلى آخر ، ثم نقوم ببناء الشمع فوق تلك الدعامة الشمعية الصغيرة " (صـ 112) .

وبعد الإنتهاء من تجهيز النموذج الشمعي يتم عمل القالب الحراري (الدلاليك) لصب النسخة البرونزية والتي ذكرت خطواتها سابقاً في خطوات التشكيل المباشر للشمع على القلب (الدلاليك) أبتدأً من نقطة عمل قنوات صب المعدن وخروج الهواء وقمع الصب صـ 119 ، إلى إنهاء عملية الصب .

(أ) يوضح التشكيل الحر باليد	(ب) يوضح طريقة لحام الشرائح الشمعية بالكاوية	(ج) يوضح استخدام الضفرلحذف وإزالة الشمع الزائد	(د) يوضح استخدام الضفر بعد تسخينها باللهب

شكل (53)
يوضح طريقة تشكيل الشمع باستخدامه كتلة (الباحثة)

ب- طريقة التشكيل باستخدام ألواح مسطحة من الشمع :

وتستخدم هذه الطريقة من قبل الكثير من الفنانين في تنفيذ أعمالهم البرونزية أمثال " هنري مور " وغيره ، لما تميزت به من سهولة تأديتها وتنوع إمكانيتها الجمالية في التشكيل ، إضافةً إلى القيمة التشكيلية ، والحرية في الأداء ، والحيوية في العمل ، وعرض قدال (1998م) خطوات تحضير ألواح من الشمع من خلال " صب مخاليط الشمع على سطح من الرخام بعد عزله ، مع مراعاة أن يكون في وضع أفقي مستوٍ بواسطة ميزان مياه ، حتى يضبط انتظام سمك الشمع ، ثم يصب الشمع على الرخامة المحاطة بأربعة جدران خشبية ، ونضبط الشمع من خلال مقياس تدريجي جانبي موجود على الجدار الخشبي ، وبعد أن يبرد نقوم بتشكيل الألواح على أشكال هندسية " (صـ 112) .

ولا بد أن يتميز الشمع المستخدم في تشكيل الألواح المسطحة بالدونة ، أي قابل للتشكيل ويسهل تغيير معالمه ثنيه لتشكيله ، ويمكن ذلك من خلال تشكيله وهو دافئ ، أو أن يوضع في الناقوس الحراري قبل تشكيله بمدة لا تزيد عن خمس دقائق تقريباً .

أما عند تشكيله فيمكن بناء شريحة فوق أخرى لتنفيذ الشكل المطلوب ومن ثم لحامها ببعض ، أما بواسطة الضغط الخفيف عليها باليد أو استخدام الأدوات المعدنية (الصفر) أو باستخدام الكاوية الكهربائية كما تم ذكره سابقاً ، وهذه الطريقة تتيح للفنان تشكيل ملامس وطبعات لأشكال وأسطح مختلفة .

قنوات صبّ المعدن وخروج الهواء والغازات :

تعد قنوات صب المعدن وخروج الهواء أساساً لعمليات السباكة (الشمع المفقود ، والرمل) إذ إنه لا يتم إنتاج المشغولات المعدنية بدون تخطي هذه المرحلة ، والتي تعتمد على توزيع مجموعة من المسارات موزعة في جميع أجزاء النموذج ، مشكلةً القنوات المسؤلة إحداها عن دخول المعدن المصهور إلى فراغ القالب ، والأخرى عن خروج الهواء والغاز المتولد عن المعدن المصهور والمصبوب بداخل فراغ القالب .

واتفق جون ميلز John W. Mills (1990م) مع ما ذكره الكثير من الباحثين من عدد وتوزيع تلك القنوات وهذا يتوقف على شكل العمل الفني المراد سباكته ، حيث ذكر راشد (وآخرون) (1999م) أن هناك عدة طرق يمكن من خلالها توجيه المعدن المصبوب لفراغ القالب

فقد يصمم مدخل الصب بطريقة تضمن سهولة السباكة وتجنب الانسياب المضطرب ، أو بطريقة تمنـع نحر جدران القالب ، أو أن يكون الهدف منها منع دخول ما يحتويه المعدن من خبث وجلخ إلى القالب.

مكونات المصبات :

1- قمع الصب .

2- قنوات الصب .

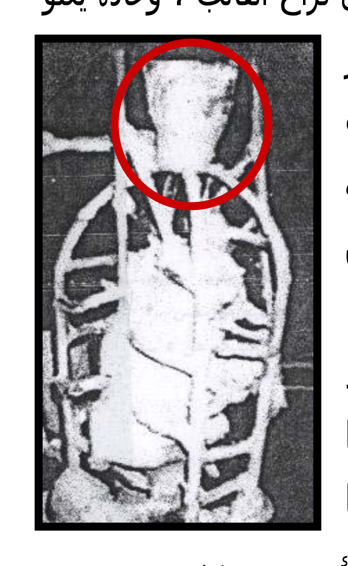
وتنقسم إلى ثلاثة أنواع وهي كالتالي : أ- مصب رئيسي .

ب- مصبات فرعية .

ج- مصبات تغذية .

1- قمع الصب :

يعتبر قمع الصب البوابة الأساسية التي بواسطتها ينتقل المعدن المنصهر إلى فراغ القالب ، وعادةً يعلو قمع الصب المصبات ، وتكون فتحته متجهة إلى أعلى . ويوضح جون ميلز John W .Mills (1990م) وضع قمع الصب بين مجموعة المصبات كما في شكل (54) ، أضافةً إلى أنه أشار إلى شكل محدد لقمع الصب به فتحة هابطه كما في شكل (55 _ أ) تعمل بدورها على تصفية المعـدن من الشوائب قبل دخولها لفراغ القالب (أي منطقة حصر الشوائب*) . كما أضاف ستيف هورست Steve Hurst (1996م) وراشد (وآخرون) (1999م) عدة تصميمات ، يمكن أن يشكل على هيئتـها قمع الصب شكل (55 _ ب) تميزت جميعها بأركان ملفوفة ، إلا أن ما يعيبها أ ا بحاجة إلى أحواض صب ، أي يصب المعدن المنصهر بداخل تلـك الأحواض ثم ينساب إلى القمع ، ومنها إلى مجارى الصب ثم إلى فراغ القالب ويكون حجم تلك الأحواض أكبر من القمع ويعلوها ، ولتلك الأحـواض وظيفتان **أولهما /** استيعاب كمية أكبر من المعدن المنصهر ثم تنظـيم عمليـة

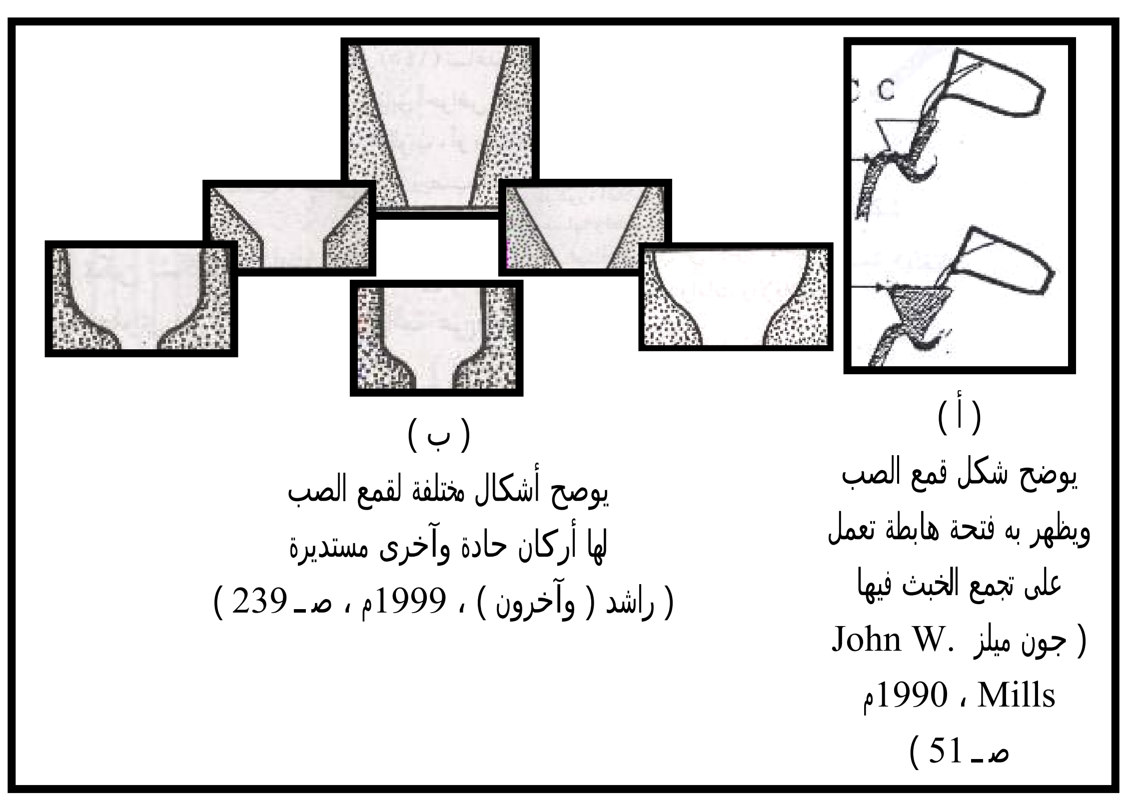


شكل (54)
يوضح وضع قمع الصب بين قنوات الصب وخروج الهواء

---

* لان تلك الشوائب تحدث دوامات أو رغاوي ، أو احتباس للهواء في المعدن المصهور ، أو أن تكون تلك الـشوائب موجودة أصلاً في أفران الصهر أو البوتقة ، فمن ثم حملت إلى فتحات الصب .

انسياب وتدفق المعدن إلى فراغ القالب للاقلال من الاضطرابات والدوامات عند مـداخل الـصب .
ثانيهما / تصفية المعدن المنصهر من الشوائب التي قد تعرقل حركة جريان المعدن بداخل مجاري الصب أو قد تؤثر على المسبوك كظهور الغازات (البخبخة) في حالة وجودها داخل فراغ القالب ، حيث إن تلك الأحواض مزودة بحواجز (مصفاة) تقوم بتلك العملية ، وعادة تصنع تلك الأقمـاع (أوعيـة الصب) من الجبس أو الطين ثم تكسى بالشمع .



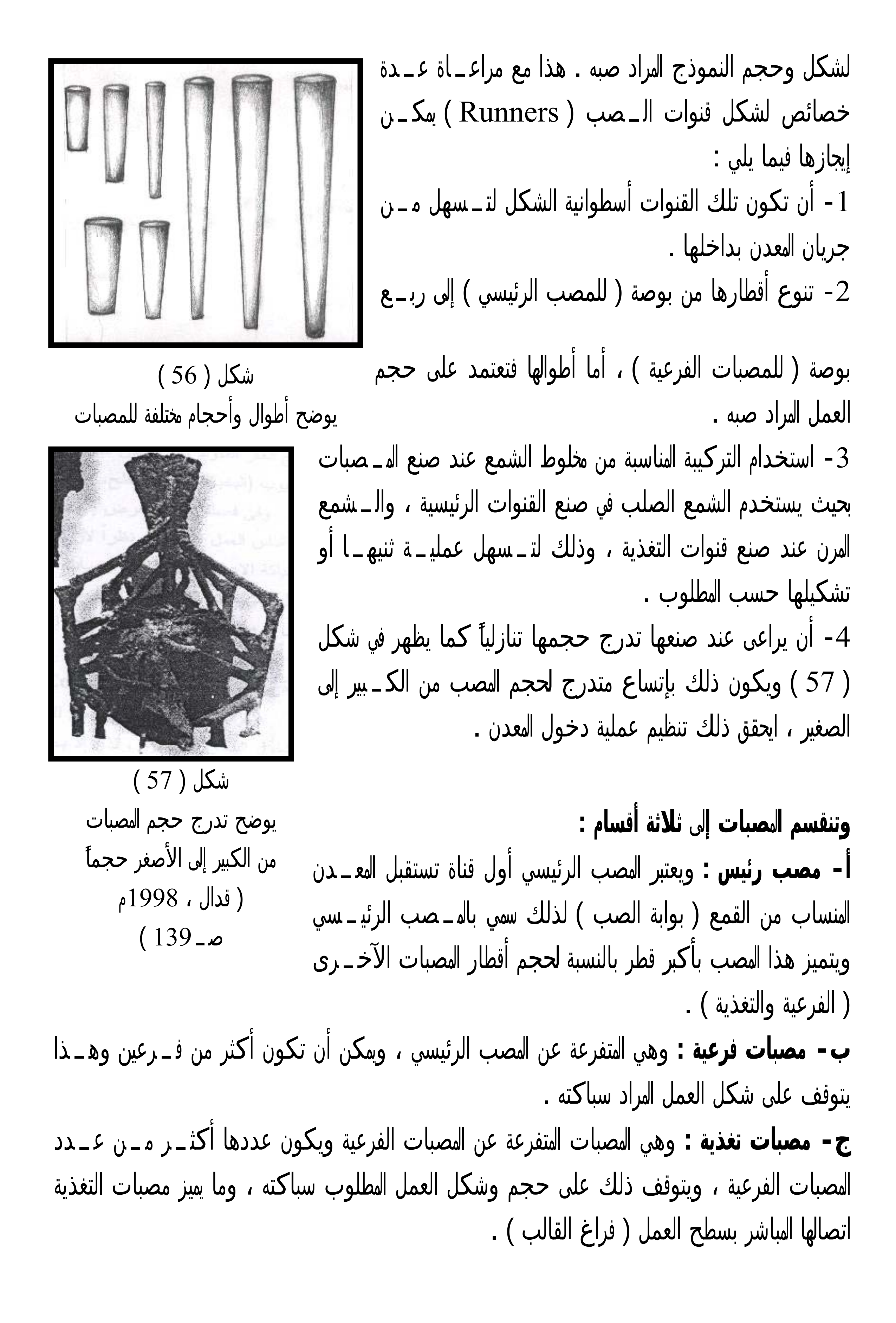
(أ)
يوضح شكل قمع الصب
ويظهر به فتحة هابطة تعمل
على تجمع الخبث فيها
(جون ميلز John W. Mills ، 1990م
صـ 51)

(ب)
يوصح أشكال مختلفة لقمع الصب
لها أركان حادة وآخرى مستديرة
(راشد (وآخرون) ، 1999م ، صـ 239)

شكل (55)
يوضح أشكال مختلفة لقمع الصب

1 - **قنوات الصب :**

يذكر راشد (وآخرون) (1999م) إ ا عبارة عن ا اري التي تسمح بمرور المعدن المنصهر مـن خلالها لينساب متدفقاً فيملأ تجويف القالب ، فتمثل تلك القنوات الفراغ المحصور بين القلب والقالـب والذي كان يملؤه الشمع قبل مرحلة التحميص استعداداً لعملية مرور المعدن منه إلى تجويف القالب .
وعادةً تصنع قنوات الصب من نفس المادة الشمعية المستخدمة لصنع تجويـف (فـراغ) القالـب وأضاف جون ميلز John .W. Mills (1990م) إن تلك القنوات الشمعية يمكن تجهيزها بصبها في قوالب من الجبس أو الخشب أو الطين بأقطار وأطوال متنوعة كما في شكل (56) وتكون مناسبة



لشكل وحجم النموذج المراد صبه . هذا مع مراعاة عدة خصائص لشكل قنوات الصب (Runners) يمكن إيجازها فيما يلي :

1- أن تكون تلك القنوات أسطوانية الشكل لتسهل من جريان المعدن بداخلها .

2- تنوع أقطارها من بوصة (للمصب الرئيسي) إلى ربع بوصة (للمصبات الفرعية) ، أما أطوالها فتعتمد على حجم العمل المراد صبه .

شكل (56)
يوضح أطوال وأحجام مختلفة للمصبات

3- استخدام التركيبة المناسبة من مخلوط الشمع عند صنع المصبات بحيث يستخدم الشمع الصلب في صنع القنوات الرئيسية ، والشمع المرن عند صنع قنوات التغذية ، وذلك لتسهل عملية ثنيها أو تشكيلها حسب المطلوب .

4- أن يراعى عند صنعها تدرج حجمها تنازلياً كما يظهر في شكل (57) ويكون ذلك بإتساع متدرج لحجم المصب من الكبير إلى الصغير ، ايحقق ذلك تنظيم عملية دخول المعدن .

شكل (57)
يوضح تدرج حجم المصبات من الكبير إلى الأصغر حجماً
(قدال ، 1998م
صـ 139)

وتنقسم المصبات إلى ثلاثة أقسام :

أ- مصب رئيس : ويعتبر المصب الرئيسي أول قناة تستقبل المعدن المنساب من القمع (بوابة الصب) لذلك سمي بالمصب الرئيسي ويتميز هذا المصب بأكبر قطر بالنسبة لحجم أقطار المصبات الآخرى (الفرعية والتغذية) .

ب- مصبات فرعية : وهي المتفرعة عن المصب الرئيسي ، ويمكن أن تكون أكثر من فرعين وهذا يتوقف على شكل العمل المراد سباكته .

ج- مصبات تغذية : وهي المصبات المتفرعة عن المصبات الفرعية ويكون عددها أكثر من عدد المصبات الفرعية ، ويتوقف ذلك على حجم وشكل العمل المطلوب سباكته ، وما يميز مصبات التغذية اتصالها المباشر بسطح العمل (فراغ القالب) .

وظيفة قنوات الصب :

عرض راشد (وآخرون) (1999م) وظائف قنوات الصب كالتالي :

1- ملء تجويف القالب بسرعة بدون الحاجة إلى صب في درجة حرارة عالية جداً .

2- التخلص من الخبث والجلخ إبتداءً من المصب (بوابة الصب) ثم القنوات قبل دخوله لتجويف القالب .

3- تنظيم تقدم المعدن وانسيابه إلى فراغ القالب بأقل اضطرابات ممكنه .

4- التخلص من الغازات وامتصاصها قبل وصولها إلى فراغ القالب .

5- سرعة دفع المعدن لانتشاره بانتظام داخل فراغ القالب .

6- منع أو تقليل إثارة المعدن أو إضطراباته ومنع تكون الدوامات ورغاوي المعدن داخل القالب .

7- منع دخول الهواء أو الغازات إلى تيار المعدن المتدفق .

8- منع تآكل أجزاء من القالب أو كسرها ونحرها .

التخطيط لقنوات الصب :

اتفق قدال (1998م) مع ما ذكره راشد (وآخرون) (1999م) وجون ميلز John W. Mills (1990م) من نقاط عدة يجب مراعاتها عند التخطيط لقنوات الصب ، وهي كالتالي :

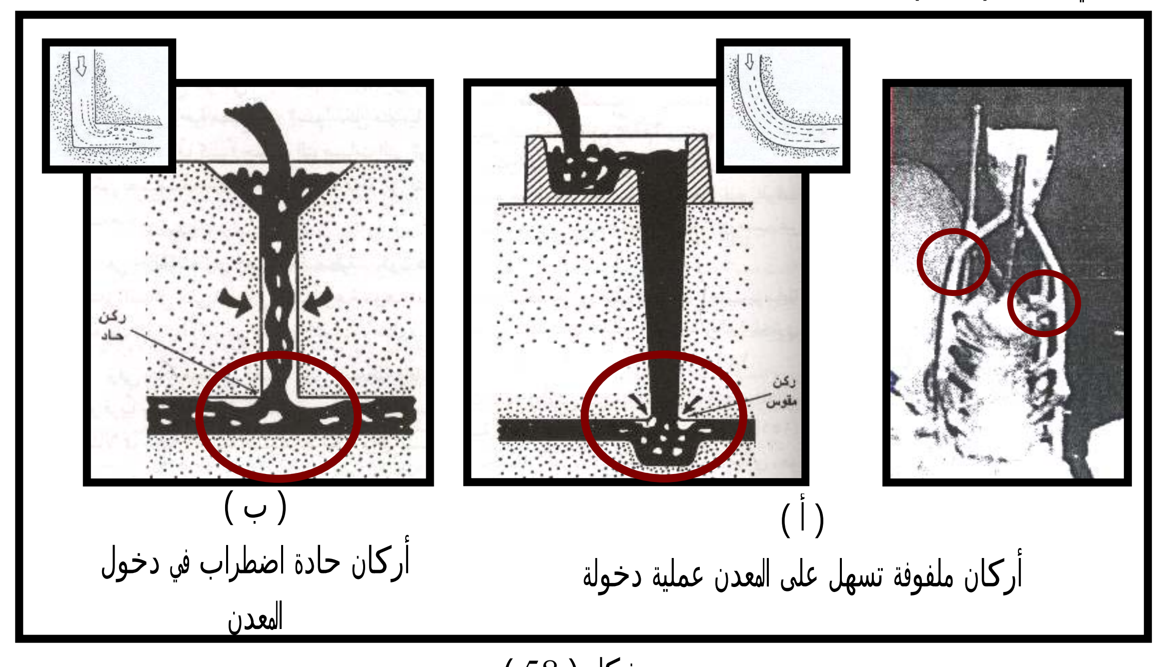
1- يراعى أن يكون التخطيط لقنوات الصب ابتداء من بوابة الصب (القمع) إلى المصب الرئيسي فالفرعي إلى نهاية مصبات التغذية المتصلة بسطح العمل ، متدرجاً تنازلياً من الحجم الأكبر من القمع إلى قنوات الصب الأصغر حتى سطح العمل ، أي إنه يجب أن يحدث تدرج في كمية المعدن المنساب من القمع الأكثر اتساعاً إلى القنوات الرئيسية الأقل اتساعاً إلى القنوات الفرعية الدقيقة إلى القنوات المغذية الأدق ، فذلك كفيل بتحقيق زيادة دفع المعدن مما يؤدي إلى انتشاره في فراغ الشكل المطلوب .

2- يجب أن تكون القنوات (الفرعية أو المغذية) الملامسة للشكل المراد صبة على شكل مدبب لتساعد على اندفاع المعدن المصهور أيضاً ، حتى يسهل إزالتها أثناء التشطيب .

3- يعتمد عدد قنوات الصب وحجمها ، على طبيعة شكل العمل المراد سباكته ومدى التعقيد والدقة فيه ، فالشكل الصغير أو البسيط أي المكون من كتلة واحدة يقل عدد المصبات فيه ، بينما إذا كان الشكل كبيراً أو معقد الأجزاء لاحتوائه على تفاصيل دقيقة (نتوءات) وتفريعات ، يكثر به عدد المصبات ، وذلك لضمان وصول المعدن لتلك المناطق وملئها بالمعدن المنصهر قبل تجمده .

4- يعتمد توزيع القنوات في النموذج على نوع المعدن المستخدم في صـب العمـل الفـني ودرجـة انصهاره ، حيث إن درجة تجمد المعدن يجب أخذها في الاعتبار عند التخطيط لقنوات الصب ، لإدراك وصول المعدن للتجويف وملئه قبل تجمد المعدن في المصبات ، فكلما كانت السبيكة معـدة لتجـري مسافة أقصر يكون توزيع القنوات أقل .

5- يجب عمل استدارة خفيفة (أركان ملفوفة) عند مناطق اتصال المصبات با اري الفرعية والمغذية كما في شكل (58) .



(ب)
أركان حادة اضطراب في دخول المعدن

(أ)
أركان ملفوفة تسهل على المعدن عملية دخولة

شكل (58)

يوضح أهمية التفاف أركان المصبات سواءً في سباكة الرمل أو سباكة الشمع المفقود

(راشد (وآخرون) ، 1999م ، صـ 243)

6- يجب التعرف أثناء التخطيط للقنوات على مناطق اتصال الأجزاء المعقدة أو الصعبة أو الـتي ـا تداخلات واختيار الحجم المناسب لها من القنوات المغذية .

7- يفضل الابتعاد عن المناطق الدقيقة جداً أو التي ا تفاصيل مهمة أثناء التخطيط للقنوات ، لان ذلك قد يلغي منها بعض الأشياء أو يغير من ملامحها أو شكلها ، لذلك يفضل اختيـار المنـاطق المـسطحة الناعمة لتوصيل قنوات الصب ، أما المناطق المتوسطة الخشونة (التي ا ملامس أو تفاصيل قليلة) فتأتي في المرتبة الثانية من حيث اختيارها لتوصيل القنوات المغذية ا .

وتختلف أنظمة التخطيط لتلك المصبات من مسبك لأخر على حسب الأنظمة المتبعة فيه ، غـير أن هناك طريقتين أساسيتين يمكن استخدام أحداهما لإدخال المعدن المصهور لفراغ القالب والتي نوه عنها

جون ميلز John W. Mills (1990م) واتفق معه راشد (وآخـرون) (1999م) علـى ذكرها كالتالي :

أ- التغذية المباشرة للمصبات The Direct System Sprue :

يقصد بالتغذية المباشرة للمصبات ، دخول المعدن مباشرةً من قمـع الصب إلى القنوات الرئيسية إلى الفرعية متجهـةً إلى قنـوات التغذيـة الملامسة مباشرةً فراغ القالب ، وتكون هذه القنوات مائلة إلى أسفل كما في (59) وتتم هذه العملية بدخول المعدن مباشرةً لفراغ القالب مـن جميع فتحات (القنوات) مما يؤدي إلى احتباس للهواء أو الغاز في فراغ القالب والذي ملئ بالمعدن المصهور .

غير أن هذا النوع من التغذية له أخطار عديدة فقد يزيـل انـسياب المعدن السريع ، التفاصيل الدقيقة من على سطح القالب ، لذلك يجب أن يكون المعدن عند صبه بارداً عن درجة الانصهار ، كما إ ا قـد تنـتج مسبوكات ا الكثير من العيوب كالبخبخة .

شكل (59)
يوضح شكل المصبات في التغذية المباشرة
(جون ميلز John W. Mills ، 1990م صـ 283)

ب- التغذية غير المباشرة للمصبات The Indirect System Sprue :

يقصد بالتغذية غير المباشرة للمصبات ، دخول المعدن لفراغ القالب في حالة من الأمان ، بمعنى أن المعدن يدخل من قمـع الـصب متجهـاً إلى المصبات الرئيسية ثم الفرعية هابطاً للأسفل حتى تمتلىء تلـك القنـوات بالمعـدن المـصهور . واسـتخدم جـون ميلـز John W. Mills (1990م) مخزن تجميع سفلي يتم فيه تجميع المعدن أسفل العمل (اية القناة) ثم ينتقل من المعدن إلى فراغ القالب بواسطة قنوات التغذية المتجهة إلى أعلى وملامسة مباشرةً فراغ القالب . وتتم هذه العملية بتدفق المعدن من خلال القنوات السفلية حتى يمتلئ القالب إلى مستوى الفتحة التي تليها (القناة الأعلى التي تلي القناة السفلية) دافعة الهواء إلى الأعلى حيث يـتم خروجه من قنوات الهواء . وعندها يتدفق المعدن من مستوى القناة الثانيـة إلى مستوى القناة التي تليها في الارتفاع وهكذا ، ويوضح شكل (60) وضع تلك المصبات في سباكة الرمل والشمع المفقود ، وغالباً ما تستخدم

شكل (60)
يوضح شكل المصبات في التغذية الغير المباشرة
(جون ميلز John W. Mills ، 1990م صـ 283)

هذه الطريقة (التغذية غير المباشرة) في حالة الأعمال الكبيرة أو عندما يكون جريان المعدن يـستغرق مسافة طويلة .

وتعد هذه الطريقة (التغذية غير المباشرة) أفضل من الطريقة السابقة (التغذية المباشـرة) كو ـا تظهر أدق التفاصيل وتحافظ عليها ، كما أ ا تحافظ على أجزاء القالب من الإ يار ، مما يتـيح إنتـاج مسبوكات خالية من العيوب . لذلك يفضل استخدامها الكثير من الفنانين لإنتاج أعمالهم البرونزية .

طريقة وضع النموذج الشمعي لصنع المصبات و يئته لصب المعدن :

يؤكد جون ميلـز John W. Mills (1990م) وقـدال (1998م) على أهمية تنفيذ قنوات الصب والهواء للنموذج وهـو في وضع أقرب ما يكون لوضعة أثناء الصب ، وذلك لضمان اختيار مناطق توصيل المصبات بطريقة تسمح بجريان المعدن المصهور خلالها ، حيـث يفضل اختيار الوضع الرأسي للعمل ، لان ذلك يساعد على انـدفاع المعدن للأسفل وملئ فراغ القالب ، ويفضل أن يكون الجزء الأكثـر سمكاً ووزناً في النسخة الشمعية أسفل ، والجزء الأقل سمكاً ووزناً أعلى ليسهل على المعدن الصعود من أسفل الشكل إلى أعلى ، كمـا إنـه يفضل وضع المناطق التي ا تفاصيل دقيقة في الأعلى تقريبـاً في حالـة كون النموذج الشمعي به تفاصيل دقيقة في بعض المناطق ، ويلزم التأكد من وضع القنوات متجهة " مائلة " للأعلى في حالة التغذية غير المباشرة ومتجهة للأسفل للتغذية المباشرة للعمل .

شكل (61)
يوضح طريقة وضع النموذج الشمعي في وضع مقلوب أستعداداً لصنع المصبات ومن ثم صب القالب الحراري (الدلاليك) ويظهر استناد النموذج على ثلاثة ركائز
(جون ميلز John W. Mills ، 1990م
صـ 178)

وأضاف جون ميلز John W. Mills (1990م) عدة طرق يمكن استخدامها لتثبيت العمل (النموذج الشمعي) استعداداً لعمليـة صب الدلاليك ومن ثم صب المعدن ، ففي حالة كون العمـل صـغير الحجم يمكن تثبيته بصنع ثلاث أو أربع ركائز (أرجل) صغيرة مصنوعة من نفس المادة المستخدمة لعمل القالب الحراري (الدلاليك) كما يظهر في شكل (61) ، أو باستخدام ماسورة مجوفة تتفرع إلى أربع ركـائز تمر بداخل تجويف القالب ، وقد يستفاد منها في ويةالقلب (إخـراج الغازات) بجانب كو ا ركائز للعمل . أما في حالة الأعمال الضخمة أو

كبيرة الحجم فإن جون ميلز ذكر طريقة متبعة في أكثر مسابك الشمع بإيطاليا , وهي استخدام دعـائم عريضة تعلق على عمودين ركائز .

قناة التهوية Core Vent :

تعتبر قناة التهوية من القنوات الهامة والتي يجب تنفيذها في النموذج الشمعي قبل صـب المعـدن في فراغ القالب . إذ تقوم بوظيفة إخراج الغازات المنبعثة من أثر دخول المعدن المصهور لملئ فراغ القالب مما قد يساعد على احتباس للغازات بداخل القلب ، فيؤثر إحتباس تلك الغازات على المسبوك باتجاهها إلى سطح المعدن (المسبوك) ويؤدي إلى ظهور العيوب في المسبوكة على هيئة ثقـوب كالبخبخـة أو الفقاقيع .

وقد عرض جون ميلز John W. Mills (1990م) طريقتان يمكن بواسطتها إخراج تلـك الغازات من القلب .

الطريقة الأولى : بصنع أنبوب من الشمع في وسط القلب ، ممتداً إلى خارج النموذج الشمعي والقالب الحراري (الدلاليك) ليعمل فيما بعد على خروج الغارات .

الطريقة الثانية : يمكن الاستفادة من الدعائم النحاسية أو الحديدية الموجودة في القلب في عمـل قنـاة التهوية ويتم ذلك بلف تلك الدعامة بخيط الدوبارة ومن ثم يكسى بالشمع ، فعند تحميص القالب تحرق الدوبارة وينصهر الشمع للخارج ، عندها يظل فراغ القلب ملتفاً حلزونياً حول الدعامة النحاسية ويمتد ذلك الفراغ إلى خارج القالب مما يؤدي لخروج الغازات المحتبسة أثناء صب المعدن المصهور في فـراغ القالب ، ويوضح ذلك الشكل (49) المعروض سابقاً .

وأضاف قدال (1998م) عن " جونستون " طريقة أخرى لعمل قناة التهوية والتي استخدم فيهـا ماسورة مفرغة مغروزة في القلب وممتدة إلى الخارج ، وتكون هذه الماسورة مقلوظة من طرفها ومربوطة في مسامير (قلوظة) مثبتة في لوح من الخشب ، ثم قام بلف تلك الماسورة بالورق وربطها بالدوبارة . وهذه العملية لها وظيفتان الأولى خروج الغازات المحتبسة في القلب إلى الخارج أثنـاء صـب المعـدن المصهور ، والثانية تسهيل عملية إزالة القلب فيما بعد (بعد صب المعدن) .

مسامير القلب Core Pins :

بعد إتمام عملية إعداد النموذج الشمعي والمصبات تأتي مرحلة مهمة وهي تثبيت القلب (الدلاليك الداخلية) مع القالب (الدلاليك الخارجية المحيطة بـالنموذج) بمـسامير كمـا عـرض سـابقاً في شكل (30 _ ب) . وذكر سعد (1980م) أنه قد تصنع تلك المسامير من نفس المعدن المستخدم في صب العمل الفني ، لأنه عند استخدام مسامير مصنوعة من نفس نوع المعدن لا نحتـاج إلى ملـئ الثقوب الناتجة عنها باللحام ، بل إنه في حالة اختلاف نوع المسامير (كاستخدام مسامير من الحديد) عن المعدن المصبوب (كالبرونز) يلزم نزع تلك المسامير وملء الثقوب الناتجة عنها باللحام من البرونز .

وأجمع الباحثون على أن تلك المسامير هي عبارة عن أجزاء معدنية تمـسك القلـب بالقالـب في وضعهما السليم أثناء صب المعدن . وظيفتها المحافظة على المسافة بينهما ، وبالتالي على انتظـام سمـك المعدن . وأضاف سعد (1980م) أنه قد تكون تلك المسامير مصنوعة من الحديد الصلب الـذي لا يصدأ ، إلا إ ا غالية الثمن ، ولكن ما يميزها عن غيرها من المسامير إمكانية استخدامها أكثر من مرة . أما المسامير المصنوعة من معادن غير الحديدية ، فنادراً ما يستخدم هذا النوع من المسامير ، لأن درجـة حرارة المعدن المصهور قد تفوق درجة انصهار المسامير المستخدمة فحينها يصهر المسمار مما يـؤدي إلى تحريك القالب عن القلب . لهذا يراعى عند استخدام المسامير غير الحديدية أن يكون سمكهـا كـبيراً لضمان ثبا ا . لذلك يفضل استخدام المسامير الحديدية ، أو المسامير المصنوعة من نفس نـوع المعـدن المصبوب .

قناة تفريغ الشمع Wax Escape :

يمكن عمل قناة خاصة بخروج الشمع أثناء عملية تحميص القالب ، وتمتد هذه القناة من أسفل نقطة في النموذج إلى خارج القلب الحراري (الدلاليك) ، وتساعد تلك القناة في سرعة التخلص من الشمع إلى خارج القالب ، وذلك عند دخول الهواء من القنوات العليا (قنوات الصب وخروج الهواء) وأثناء تحميص القالب يتم دفع الشمع إلى خارج القالب من خلال القناة السفلى ، والتي يتم غلقها فيما بعـد تحميص القالب الحراري بالطين .

ويستفاد من تلك القناة في حالة كون الأعمال المرد سباكتها كبيرة الحجم ، ويصعب قلبها أثنـاء عملية تحميص القالب لخروج الشمع منها . ويؤكد قدال (1998م) اسـتخدام هـذه الطريقـة في المسابك الفرنسية . كما إن هذه الطريقة لها هدف آخر وهو تفريغ الشمع قبـل أن يجـف القالـب الحراري .

خصائص القالب الحراري (الدلاليك) :

1- مرونة القوام : يجب أن يكون عجن الخليط كفيلاً بإعطاء ثلاثة درجات من القوام .

أ- قوام عجيني رقيق ليلتقط تفاصيل سطح الشمع ، ويمكن أن يدهن بالفرشـاة ، لأ ـا تلـتقط أدق التفاصيل من على سطح العمل .

ب- قوام خشن نوعاً ما ليعمل على بناء قالب ذو مسامية (نفاذية) .

ج- قوام خشن جداً ليعمل على تحمل ارتفاع درجة الحرارة ، كما إن نفاذيته للغازات عالية .

2- القدرة على التماسك : عند إضافة نسبة من الجبس في الخليط فإن ذلك يعمل على تماسك الخليط في بدء عملية الصب للدلاليك ، ثم يأتي دور المواد الحرارية في التماسك بعد تحميص القالب ، عنـدها يصبح القالب هشاً ، لهذا يتطلب التزام الحرص عند صنع مادة القالب الحراري ، واختيار التركيبـات (المواد) المناسبة لصنع القالب الحراري .

3- زمن التصلب للمخلوط : يجب أن يكون زمن التصلب مناسباً ليساعد على اسـتمرارية صـب الخليط ، فعند وضع طبقة من مادة الدلاليك باستخدام الفرشاة يتصلب الخليط بسرعة ، لذلك يجب أن يذاب في الخليط قليل من الغراء الحيواني ، الذي يعمل على تبطئة تـصلب مـادة القالـب الحـراري (الدلاليك) فهذه المرحلة مهمة في نقل التفاصيل الدقيقة من على سطح النموذج الـشمعي ، حيـث يجب عدم الإكثار من مادة الغراء ، لان زياد ا تؤدي إلى عدم تصلب الخليط الحراري .

4- مقاومة درجات الحرارة العالية : يجب أن تكون المادة المستخدمة في تركيبة خليط القالب الحراري لها القدرة على مقاومة ارتفاع درجة الحرارة التي سيتعرض لها (القالب الحراري) مرتين ، **الأولى /** عند تحميص القالب لخروج الشمع منه ، **والثانية /** عند صب المعدن المنصهر .

ويذكر قدال (1998م) عند " معرفة نسبة المواد المكونه للقالب الحراري يجب معرفة إمكانية كـل خامة على حدة . فالجبس العادي وحده غير صالح لصب أكثر المعادن الإ إذا قمنا بإضافة مواد لتحسين قدرته على تحمل الحرارة ، أما باقي المواد الحرارية فهـي قـادرة علـى تحمـل درجـات الحـرارة المرتفعة " (صـ 159) .

5- المسامية (النفاذية) : يجب أن تكون المادة المستخدمة في تكون الخليط مسامية إلى حدٍ كبير (أي تسمح بخروج الغازات الناتجة عن صب المعدن للخارج) ، وإن احتباس تلك الغازات يؤدي إلى تكون ما يعرف بالسوس*. ويمكن تجنب حدوث ذلك بادخال بعض المواد المسامية مثل دقيق الخشب والحمرة Grog وألياف الأسبستوس .

6- قابلية ا يار (كسر) القالب الحراري بعد السباكة : يلزم كسر القالب الحراري الداخلي والخارجي بعد إتمام عملية السباكة لإخراج العمل المسبوك ، لذا يجب إلا يكون شديد الصلابة أو مقاوماً للكسر ، ويقوم الجبس المتكلس بتلك الوظيفة ، حيث يساعد دخول نسبة منه في تركيب مادة القالب الحراري (الدلاليك) على قابلية القلب والقالب للكسر بعد إتمام عملية السباكة .

المواد التي تدخل في تركيب القالب الحراري (الدلاليك) :

يمكن أن تستخدم عدة مواد في تركيب القوالب الحرارية تجعل منها مادة مقاومة ، لها القدرة على تحمل درجات الحرارة العالية الناتجة عن التحميص وصب المعدن المصهور ، فمن تلك المواد السيلكا والطفل والجريت والحمرة والجبس والأسبستوس الحراري ، والتي يتناولها قدال (1998م) كالتالي :

1- السيلكا : اعتبرها قدال (1998م) " من أجود أنواع الرمل المستخدم في السبك ، وذلك لاحتوائها على ثاني أكسيد السليكون Sio_2 بنسبة تصل إلى 99.8 % " (صـ 161) .

2- الطفل (الطين) : تعتبر المادة الرابطة الأساسية التي تدخل في تركيب القالب الحراري ، وعند استبعادها من تركيبة القالب الحراري فإنه ينتج عنه قالب هش على درجة كبيرة ، نتيجة تأثره بالتحميص وصب المعدن وذلك يعمل على جرف طبقة الغلاف مع المعدن المصبوب فبالتالي ينتج عنه مسبوكات مليئة بالعيوب . إضافةً إلى أن زيادة نسبته في التركيبة يعمل على تبطئ تصلب الخليط بعد صبه على النموذج الشمعي .

3- الجريت : هو عبارة عن مسحوق الطوب الحراري ، ويختلف ملمس حبيباته من الناعم جداً إلى الخشن ، وله وظيفة مهمة في إكساب القالب الحراري مقاومة عالية لتحمل درجة حرارة التحميص

* السوس عبارة عن ثقوب صغيرة جداً غائرة على سطح المعدن .

وصب المعدن ، كما إنه يمنع التشقق الذي قد يحدث للقالب نتيجة الاحتراق ، إضافةً إلى وظيفتـه في زيادة مسامية القالب الحراري ، التي تتيح الفرصة لخروج الغازات المنبعثة من أثر صب المعدن المـصهور مما يقلل ذلك من ظهور عيوب الغازات .

4- الحمرة : وهي عبارة عن مسحوق الطوب الأحمر ، ويختلف ملمس حبيباته من النـاعم جـداً إلى الخشن ، وله نفس وظائف الجريت كما أنه يستخدم لنفس الأغراض ، إلا أنه مقاومته الحرارية أقل من الجريت بقليل .

5- جبس باريس (الجبس الطبي) : وهي مادة مهمة تدخل في تركيب القالب الحراري لا ا تعمـل على ربط وتصلب المكونات الداخلة في تركيبته ، لتجعل منه قالباً صلباً ومتماسكاً ، إضافة إلى تحملها لدرجة الحرارة الناتجة عن تحميص القالب وصب المعدن . كما إن من أهم الوظائف الناتجة عن إضـافته جعل مادة القالب سهلة التكسير والإزالة بعد إتمام عملية الصب . وفسر قـدال (1998م) ذلـك بـ" أن درجة الحرارة العالية تعمل على تكلسه مما يجعله طباشيراً بعـد عمليـة التحمـيص وصـب المعدن " (صـ 161) .

6- الجبس الحراري : وهو عبارة عن خليط حراري مجهز خصيصاً لصناعة القوالب الحرارية ، ويتميز بدقة إنتاجه إلا أنه مرتفع التكلفة ، وقد يستخدم وحده في صناعة القوالب الحرارية ويوجد منه نوعـان هما :

أ- الأوب تي فيست Optivest : وتستخدم هذه المادة مخلوطة بسائل خـاص ـا Optivest Maxing Liquid فبخلطهما معاً يتصلب القالب ويتحمل أعلى درجات الحرارة .

ب- البيوزنت سوبرا Biosint – Supra : وهي مادة مجهزة أيضاً مثل Optivest الا أ ا تقل عنها في تحمل درجات الحرارة العالية .

ويستخدم الماء المقطر في خلط هذه المواد ، كما أنه يمكن التقليل من تكلفتها بإضافة 20 % مـن المواد الحرارية الأخرى كالجريت أو الحمرة .

7- الاسبستوس الحراري : وهو عبارة عن مسحوق من ألياف الاسبستوس ، له مقاومـة لإرتفـاع درجات الحرارة ، كما أن وظيفتة الأساسية خفض وزن القالب الحرارى ، وزيادة المـسامية ، الأمـر

الذي يسهل خروج الغازات المنبعثة من صب المعدن أثناء السبك ، إضافةً إلى ربط المـواد الداخلـة في تركيب القالب الحراري بعضها ببعض لتكّون قالباً حرارياً صلباً ومتماسكاً . ويذكر قدال عن جاك سي ريتش أن مادة الأسبستوس تدخل في مكونات القالب الحراري بنسبة 50 % .

8- نشارة الخشب : وهي عبارة عن مسحوق من الخشب ، تختلف ملمس حبيباته من الناعم جداً إلى الخشن ، وذكر سعد (1980م) أ ا تضاف إلى مكونات القالب الحراري لتزيد من مسامية القالـب لأنه عند تحميص القالب يحترق مسحوق الخشب ويترك فراغات تسهل خروج الغازات المنبعثـة مـن مصهور المعدن ، وغالباً ما تضاف نشارة الخشب عند تجهيز الدلاليك الداخلية .

9- الجرافيت : وهي عبارة عن مسحوق الفحم ، تضاف لمكونات طبقة الوجه لتأخذ تفاصيل سطح العمل بدقة ، كما إ ا تزيد من ملامسة ونعومة سطح الطبقة .

10- سيليكات المغنسيوم : تضاف سيليكات المغنسيوم للقالب الحراري خاصة في طبقة الوجه لتعمل على مقاومة وصلابة القالب الحراري بعد تحميصه .

11- الغراء الحيواني : يستخدم الغراء الحيواني بإذابته في الماء الخاص بخليط الوجه ، لان وظيفته تأخير تجمد طبقة الوجه للتمكن من وضع طبقة الغلاف بدقة .

مكونات مادة القالب الحراري والقلب الحراري (الدلاليك) :

تختلف نسب المواد الداخلة في تركيب القالب الحراري (الدلاليك) ، كما أن المواد الرابطة كالطين أو الجبس أو الاسمنت قد يستخدم إحداها في تركيبة (صيغة) معينة ، أو قد يدخل أكثر من رابط معاً في التركيبة الواحدة ، وهذا يتوقف على نسبة ونوع المـواد الأخـرى المكونـة للقالـب الحـراري (الدلاليك) . وقام كثير من الباحثين والفنانين بإجراء عدة تجارب في هذا ا ال لمعرفة مدى صلاحية استخدام تلك الروابط مع إضافة مواد آخرى لصنع قالب حراري (الدلاليك) له مقاومة عالية لتحمل ارتفاع درجة الحرارة الناتجة عن التحميص وصب المعدن .

ويمكن تقسيم تلك التركيبات أو الصيغ المكونة للقلب والقالب و الحراري على حسب دخول المادة الرابطة فيها كأساس . فقد ذكر ستيف هورست Steve Hurst (1996م) وجون ميلز John W. Mills (1990م) وقدال (1998م) تلك التركيبات كالتالي :

أولاً :الصيغة التي استخدم فيها الطين كمادة رابطة أساسية لصنع القالب الحراري (الدلاليك) :

اتفق قدال (1998م) مع ما ذكره الباحثون من استخدام الطين كمادة رابطة أساسية لصنع القلب والقالب الحراري (الدلاليك) حيث انه " غالباً ما تضاف إلى الطين مواد عضوية مثل السماد العضوي وقصاصات من القماش والشعر ، والتبن ، والقطن ، وهذه المواد العضوية تتفحم أثناء عملية خبز القالب ويتميز القالب المصنوع منها بتخفيض أكسدة البرونز المنصهر عندما يصب كي يملأ القالب " (ص 169) .

ويتضح مما سبق ذكره أن إضافة الألياف كالقش أو الطين أو غيره من المواد العضوية تعطي القالب الحراري قوة طبيعية ، لذلك أضاف الكثير من الفنانين والباحثين ألياف الأسبستوس لتعطي قوة أكثر للقالب الحراري ، إضافةً إلى أن بعضهم استخدم رماد الفحم أو مسحوق الجبس المتكلس لتزيد من مسامية القالب كما أنه يعطي لمخلوط الطين هشاشة تجعله سهل الإزالة بعد السبك .

وذكر قدال (1998م) عن جونستون مكونات يمكن تطبيقها على الأعمال الصغيرة ، حيث يخلط الطين مع الماء الساخن ليكون مزيجاً مع وضع أسبستوس جاف داخله حتى يصبح مرناً ، وتجفف عينة من الخليط وتسخن إلى درجة الاحمرار وتبرد ويتم اختبار معدل الانكماش ، فإذا كانت صلبه جداً ولها انكماش عال يستخدم كمية آخرى من الأسبستوس ، وإذا كانت هشة نزيد من كمية الطين . أما مكونات طبقة الغلاف (وهي الطبقة الأولى من مادة تكوين القالب التي تلامس النموذج الشمعي فيفضل أن تكون من الطين Earth Clay وأن توضع بعناية فائقة وبدون تكثيف ، **وذكر قدال (1998م) عن** بين **فيونت كيلين Benvenuto Cellini تركيبة خاصة بطبقة الوجه** وهي كالتالي :

المكونات	النسبة
مسحوق طرابلس* Tripoli Powder	4
قرن ثور محروق Burntox -Horn	2
برادة حديد Iron Filings	1

* هو عبارة عن مسحوق يستخدم لتلميع المعادن .

تطحن المواد السابقة معاً وتخلط بسماد سائل Liquid Manure سبق غسله ونخله .

كما أضاف فدال (1998م) أن جونستون Johnston أستخدم تركيبتين أخريين لخلطـة الوجه استخلصها من عدة تجارب قام ا للتوصل إلى طبقة غلاف (وجه) قوية ومتميزة تتحمل صدمة حرارة المعدن المصبوب دون تعرض القلب أو القالب (الدلاليك) إلى التشقق أو الإ يـار ، حيـث أضاف تراب الدياتومي المتكلس إلى تلك التركيبة وهي كالتالي :

1- التركيبة الأولى :

المكونات	النسبة
تراب دياتومي Keiselguhr	4
مسحوق فحم حجري	2
برادة حديد ناعمة	1

2- التركيبة الثانية :

المكونات	النسبة
تراب دياتومي متكلس	4أقية
كاولين Kaolin	1أوقية
مولاس Molasses	1ملعقة طعام
ماء لصنع كريم رفيع	

ثانياً : الصيغ التي استخدم فيها الجـبس كمـادة رابطـة أساسـية لـصنع القالـب الحـراري (الدلاليك) :

1- التركيبة الأولى :

عرض قدال (1998م) **لـ لي Lenz** صيغه أستخدم فيها الجبس كمادة رابطه أساسية لصنع الدلاليك كالتالي :

المكونات	النسبة
جبس الأسنان Dantal	1

مادة قالب حراري محترق	3

وتأكد قدال من صلاحية تلك الصيغة لتنفيذ القالب الحراري والتي استخدم الجبس كمادة رابطـة أساسية في تركيبتها عن طريق أجرائه عدة تجارب وإضافة مكونات أخرى عليها كالتالي :

(أ)

المكونات	النسبة	المقاومة والصلادة
جبس حراري Biosint - Supra	1	مقاومة جيدة للحرارة، وصلادة متوسطة ، وهشة إلى حدً ما.
مسحوق قالب حراري مستخدم شبكة 120	3	

(ب)

المكونات	النسبة	المقاومة والصلادة
سائل خاص للربط Optivest Liquid	فنجان صغير	مقاومة حرارية عالية تصل لدرجة صلادة عالية ، لكنه غير اقتصادي للأحجام الكبيرة
جبس حراري Optivest	1	
مسحوق قالب حراري محترق شبكة 120	3	

(ج)

المكونات	النسبة	المقاومة والصلادة
جبس حراري Boisint -Supra	1	مقاومة عالية للحرارة ، وصلادة عالية . مقاومة عالية للحرارة ، صلادة أقل من مركب (ب) ، اقتصادي له مسامية جيدة .
مسحوق قالب حراري	1	
جبس حراري Optivest	1	
سائل خاص بالربط Optivest Liquid	فنجان صغير	
مسحوق حراري محترق شبكة 120 ماء عادي بنسبة تعطي مخلوط كريمي القوام	4	

ونظراً لإرتفاع تكلفة الجبس الحراري يمكن أن تستخدم تلك المخاليط في عمل الأحجام الصغيرة أو في مادة القلب والغلاف (طبقة الوجه للقالب) ، أما باقي أجزاء القالب فيمكن التقليل منها تـدريجياً (مادة الجبس الحراري) ، وذلك بإضافة الجبس العادي (الذي تقل تكلفته المادية) .

وأكد قدال إن التركيبة السابقة أنتجت عنها مصبوبات ممتازة من حيث نقل أدق التفاصيل .

2- التركيبة الثانية :

ذكر قدال (1998م) لـ **إيرفنج** Irving عدة مخاليط تستخدم في مسابك فرنسا ، حيث تأكد قدال من درجة مقاومتها وصلاد ا وهي كالتالي :

- قبل التجربة

(أ)

المكونات	**النسبة**
جبس Plaster	3
رمل	4

(ب)

المكونات	**النسبة**
جبس Plaster	1
مايكا	3
رمل	1

(ج)

المكونات	**النسبة**
جبس Plaster	1
حمرة أو رمل	1

- بعد التجربة

(أ)

المكونات	النسبة	تحمل الحرارة	الصلادة	مسامية الخليط
جبس Plaster	3	متوسطة	ضعيفة ، أضعاف للمخاليط	عالية للرمل في تنفيس الغازات
رمل*	4			

(ب)

المكونات	النسبة	تحمل الحرارة	الصلادة	مسامية الخليط
جبس Plaster	1	مرتفعة بسبب وجود المايكا	متوسطة	متوسطة عن (أ)
مسحوق المايكا	3			
رمل Sand	1			

(ج)

المكونات	النسبة	تحمل الحرارة	الصلادة	مسامية الخليط
جبس Plaster	1	أفضل من باقي المخاليط نظراً لقلة الجبس	ضعيفة قبل التحميص ، وممتازة بعد التحميص	المسامية جيدة
حمرة	1			

3- التركيبة الثالثة :

ذكر جون ميلز John W. Mills (1990م) لـ جونستون Johnston خمـسة صـيغ لمخلوط مادة القلب والقالب الحراري (الدلاليك) حيث إن الجبس Plaster هو أساس المادة الرابطة لتلك المخاليط والتي يتم ذكرها كالتالي :

* أستخدم في هذه التركيبية الرمل الأخضر (رمل المسابك) .

(أ)

النسبة	المكونات
1	طين حراري Grog
1	جبس باريس Plaster
1	دقيق السيلكا Silica Flour

(ب)

النسبة	المكونات
1	أسبستوس جاف Dry Asbesto
1	جبس Plaster
1	حجر الخزف أو السيلكا Potter's Flint

(ج)

النسبة	المكونات
2	مسحوق الطوب الحراري (مستخدم شبكة 60)
1	جبس Plaster

(د)

النسبة	المكونات
2	جبس Plaster
1	طفل حراري مسحوق جيداً Fire_Clay
1	أسبستوس Asbesto
1	مسحوق طوب حراري شبكة (8)
1	رمل سيلكا شبكة (40)

(هـ)

النسبة	المكونات
1	جبس باريس Plaster
2	رمل نظيف دقيق الحبيبات Fine Clean Sand

تتميز مخاليط **جونستون** Johnston بخفة وزنها ومساميتها العالية بسبب إضافة ألياف الأسبستوس .

ويتم تحضيرها بوضع المخاليط الجافة معاً في وعاء ، ثم يضاف إليه الماء* تدريجياً ، ويقلب باستمرار التحريك ، حتى يصبح قوامه سميكاً ومتماسكاً (عجينه متيبسة) في حالة وضعه على النموذج مباشرةً باليد أو بواسطة استخدام أداة الأسباتولا . أما في حالة صبه بداخل الأسطوانة التي يتوسطها النموذج فيجب أن يكون قواماً كريمياً .

وأضاف قدال (1998م) عن جونستون Johnston " أن صيغة (أ) و(ب) و(د) و (هـ) تتميز بجودة عالية من حيث قوة صلادتها بعد التحميص ، ومقاومتها الحرارية مرتفعة بسبب إضافة السيليكا للخليط مما يجعلها تتحمل حرارة تحميص تصل 120°م عند حرقها ، بذلك تتحمل درجة حرارة أعلى من درجة انصهار البرونز مما يؤدي إلى دقة المسبوكات المنتجة بها " (ص 167) .

ثالثاً : الصيغ التي استخدم فيها الاسمنت كمادة رابطة أساسية لصنع القالب الحراري (الدلاليك) :

استخدم جون ميلز John W. Mills (1990م) نوعين من الأسمنت لعمل تركيبة مناسبة تصلح لصب (القلب والقالب الحراري) . وهي الأسمنت العالي الألومينا . فكانت الصيغ التي ذكرها كالتالي :

1- التركيبة الأولى :

المميزات	النسبة	المكونات
يمتاز بصلادة عالية ، ومسامية قليلة ، وله مقاومة عالية للحرارة	10	إسمنت حراري

* تضاف كمية صغيرة من الغراء إلى الماء قبل صبة .

		Proprietary Refeactory
	1	جص باريس Plaster

2- التركيبة الثانية :

المكونات	النسبة	المميزات
إسمنت عالي الألومينا High Alumina Cement	2	يمتاز بصلادة عالية ، ومسامية عالية ، وله مقاومة عالية للحرارة
جص باريس Plaster	1	
رمل Sand	6	

إن إضافة الرمل للخليط تجعل القلب والقالب الحراري أكثر نفاذية للغازات لأن الأسمنت وحده لا ينفذ الغازات الناتجة عن صب المعدن المصهور بتجويف القالب .

كما إن إضافة كمية من الجبس للخليط تساعد على تصلب القالب (أي تقلل من زمن الـشك) لان تصلب الإسمنت قد يحتاج إلى وقت ، فقد يستغرق الإسمنت عالي الأمونيا 45 دقيقة لبدء تـصلبه وتصلبه النهائي لا يزيد عن 10 ساعات .

كيفية إعداد القوالب الحرارية Preparation The Investment Mould :

تتميز المادة المستخدم في إعداد القالب الحراري (الدلاليك) بأ ا مادة قوية لها القدرة على تحمـل درجة الحرارة المرتفعة ، لأن المعدن المنصهر يصب فيما بين الدلاليك الداخلية (القلـب) والخارجيـة (القالب) . بمعنى إن المعدن المصهور يحل محل النسخة الشمعية بعد صب الدلاليك وتحميص القالـب لذلك يتطلب أن تكون المادة المستخدمة في صب الدلاليك مقاومة للحرارة الناتجة عن تحميص القالـب ومقاومة للحرارة الناتجة عن تحميص القالب ، ومقاومة المعدن المصبوب .

1- القلب الحراري (Core Mould) أو الدلاليك الداخلية :

ذكر جون ميلز John W. Mills (1990م) أن مادة القلب (الدلاليك) هي عبارة عـن مادة السطح الداخلي للنسخة الشمعية التي تشغل التجويف الداخلي لتلك النسخة ، حيث من خلالهـا يتم الحصول على أعمال معدنية مفرغة .

ويضف سعد (1980م) إن مادة الدلاليك الداخلية تتكون من الجبس والحمرة ونشارة الخشب بمقاييس محسوبة . وكما ذكر سابقاً ، بأن القناة المستخدمة في ـوية القلب التي تعمل على إخراج الغازات الناتجة عن صب المعدن ، تغرس في وسط القلب (الدلاليك الداخلية) وتمتد إلى خارج القالب الحراري (الدلاليك الخارجية) كما سبق عرضة في شكل (37) .

2- القالب الحراري (Cludo Mould) أو الدلاليك الخارجية :

ويشكل قالب السطح الخارجي للنسخة الشمعية . وعرفها جون ميلز John W. Mills (1990م) بأ ا المادة التي تصب على النموذج الشمعي ، ليتشكل فيما بعد القالب الذي يحتوي المعدن ، وتتكون مادة القالب الحراري من جبس باريسي وحمرة أو جريت Grog .

ويضيف سعد (1980م) أنه يلزم وضع النموذج الشمعي بداخل اطار من الصاج أو صندوق أو علبة قبل صب الدلاليك كما عرض سابقاً في شكل (40) ، لان ذلك يمنع ابتعاد الخلطة المعدة عن النموذج كما إ ا تقوم بدفعها نحو النموذج وإلصاقه فيها .

ومما سبق تظهر أهمية مادة القالب الحراري (الدلاليك) وما يجب أن تكون عليها من مقاومتة العالية للحرارة الناتجة عن تحميص القالب أو الناتجة عن صب مصهور المعدن في الفراغ الذي بينه . أي قوة تحمل مادته لتلك الحرارة دون إحداث أضرار أو ا يار بالقالب من أثر ارتفاع درجة الحرارة . لذلك أجريت العديد من الدراسات للكشف عن تلك الخصائص المطلوب توفرها في خلط القالب الحراري (الدلاليك) .

تحميص القوالب الحرارية (الدلاليك) :

تعد عملية تحميص القوالب الحرارية (الدلاليك) ذات أهمية لسباكة الشمع المفقود ، إذ أنه لا يتم الحصول على الأعمال المعدنية بتلك التقنية دون تخطي هذه المرحلة والتي تعتبر الأساس لها ، حيث تتم هذه العملية بتحميص الفورمة بعد الانتهاء من عملية تشكيل النموذج ، ثم إحاطته بالشمع ، وعمل المصبات ، ثم صب الدلاليك الداخلية والخارجية . ثم تأتي عملية تحميص القالب الحراري في الفرن وذلك لتجهيزه لصب المعدن بداخله ، حيث ينتج عن ذلك التحميص صهر الشمع وطرده إلى خارج القالب الحراري تاركاً فراغاً ليصب فيه المعدن ، كما أنه يعمل على تخليص القالب الحراري (الدلاليك) من الرطوبة والشمع تماماً ، مما يؤهله لاستقبال المعدن الساخن الذي سيصب في فراغ القالب فيما بعد ، كما يظهر في شكل (30) .

وعند التحميص يراعى التأكد من جفاف القالب من الماء وخلوه من أي بقايا أو شمع أو أي رواسب آخرى ، لان ذلك قد يظهر على سطح النسخة المعدنية المسبوكة مما يسئ مظهرها بوجود تلك العيوب المتمثلة في نقص المعدن في بعض المناطق (كالبخبخة والفقاقيع) ، وأجمع الباحثون على إن عملية التحميص تحتاج إلى أفران خاصة وتوضع فيها تلك النماذج في وضع مقلوب لتسهل عملية سيلان الشمع لخارج القالب من خلال فتحات الصب والهواء .

واتفق ستيف هورست Steve Hurst (1996م) مع ما ذكره سعد (1980م) عن إمكانية وضع قوالب الأعمال الصغيرة التي يتوسطها النموذج الشمعي في وعاء بالماء الساخن حتى درجة الغليان ، وفي حينها يبدأ الشمع في الذوبان والخروج من فتحة القالب ويطفو على سطح الماء ، ويتم تكرار هذه العملية حتى يتم التأكد من خروج الشمع بأكمله من داخل القالب . وما يؤخذ على هذه الطريقة هو أن استعمالها لفترة طويلة تعرض القالب للذوبان مما قد يفقده بعض تفاصيله الأساسية (سعد ، 1980م) . كما اتفق جون ميلز John W. Mills (1990م) وقدال (1998م) مع طريقة آخرى ذكرها سعد (1980م) حيث استخدم فيها الماء الساخن والحرارة " بحيث يخرج الشمع المنصهر من إثر الحرارة من خلال فتحات الصب والهواء ، على أن يكون القالب حديث الصب بقدر الإمكان ، ولأنه مبلل ورطب ينتج بخاراً أثناء عملية التحميص مما يساعد على عدم احتفاظ الجدران الداخلية للقالب الحراري بالشمع المنصهر فلا يتبقى منه شيء - أما إذا كان القالب قد جف فيمكن ترطيبه برشه بالماء - لتساعد على توليد البخار والخروج الكامل للشمع " (قدال ، 1998م ، ص 181) .

وفي حالة كون تلك القوالب ضخمة ، ويصعب قلبها عكسياً ، يجب عمل مخارج سفلية لخروج الشمع ، بحيث يمكن سدها فيما بعد التحميص بالطين . كما يجب مراعاة ترك مسافة بين كل قالب وآخر لا تقل عن 20 سم تقريباً عند وضعها في الفرن لتعطي الحرية للهواء الساخن بالدوران حول القالب ككل لتحميصه وصهر الشمع . ويضيف قدال (1998م) أنه بالامكان سحب الشمع المنصهر من خلال مجرى يأخذ الشمع ليجمع خارج الفرن ، وبعد تمام الانتهاء من خروج الشمع تؤخذ كمية الشمع وتوزن ليتم التأكد من خروج الشمع كاملاً ، كما أنه يستفاد من تلك العملية في إعادة استخدام الشمع مرة آخرى .

الخطوات المتبعه عند وضع القالب الحراري (الدلاليك) داخل الفرن :

عرض جون ميلز John W. Mills (1990م) وقدال (1998م) تلك الخطوات كالتالي :

1- وضع القوالب بداخل الفرن بوضع معكوس ، وترك مسافة بين كل قالب وآخر .
2- إشعال الفرن لبدأ عملية التحميص .
3- يبدأ الشمع في الانصهار عند وصول درجة الحرارة إلى 200° م ، وبارتفاع درجة حرارة الفـرن تدريجياً إلى 300° م في خلال 10 ساعات يصدر الشمع رائحة المنصهر وتتكون تراكمات كربونيـة على القوالب . وهذا دليل على خروج الشمع واحتراقة .
4- بزيادة ارتفاع درجة الحرارة لتصل إلى 600° م تشتعل أي تراكمات كربونية ناتجة عـن احتـراق الشمع ، وبالتالي نتأكد من خلو القالب من أي رواسب من مخلفات الشمع ، ويتبين ذلك مـن لـون القالب الحراري الذي يتحول لونه إلى الأحمر* .
5- ترفع درجة الحرارة إلى 800° م في حالة القوالب المصنوعة من مواد حراريـة عاليـة الانـصهار كالسيليكات لفترة قصيرة جيداً .
6- يفتح الفرن بعد يوم من إطفائه حتى لا يحدث لتلك القوالب أي شروخ أو تشقق ، ويمكن التأكـد من إزالة الرواسب الشمعية بواسطة مرآة توضع أسفل العمل لرؤية فتحة الصب وقنوات الهواء ، فـإذا شوهد كربون كثيف على بوابة الصب فذلك معناه عدم احتراق الشمع جيداً ممـا يتطلـب إعـادة التحميص ، كما يجب التأكد من جفاف القالب الحراري تماماً من الرطوبة وخلوه من الشوائب .

تقدير كمية وزن البرونز اللازم لسباكة عمل فني ومقدار الوقود اللازم لصهره :

يعتبر من الضروري جداً معرفة وزن المعدن وكمية الوقود اللازم صهرها لسبك عمل فني ، لانه قد تتعرض المسبوكة للتلف في حين صهر كمية لاتكفي من المعدن لملئ فراغ القالب ، كما أن صهر كمية تزيد عن المطلوبة لملئ الفراغ يؤدي إلى زيادة في مقدار الوقود المستخدم للصهر وبالتالي تزيد التكلفة .

وأكد السيد (2003م) على ضرورة مراعاة النسبة التي يفقدها البرونز 15% من وزنه الكلـي بعد صهره نتيجة إحتراق بعضاً من عناصرة أو تبخرها لذلك يجب إضافة تلك الكميـة (15%) إلى الوزن الأجمالي للمعدن . حيث ذكر طريقتين يمكن من خلالهما حساب وتقدير كميـة المعـدن الـتي يتطلبها العمل الفني المطلوب سباكته وهي كالتالي : **الطريقـة الأولى /** " وزن كميـة الـشمع الـتي استهلكت في عمل النسخة الفنية والقنوات والمصبات وتحسب كمية المعدن المطلوب على أسـاس وزن

---

* تستغرق هذه العملية من 18 إلى 16 ساعة ، كما يتوقف ذلك على حجم القالب ونوعه (إذا كان به قلب أم لا) وعادةً تستغرق الأعمال الصغيرة وقت أقصر .

الشمع ×10* مضاف إليها 15% من الوزن الكلي وهي النسبة المقدر استهلاكها للمعدن أثناء صهره"(ص 142).

الطريقة الثانية / وتتم بمعرفة أبعاد العلم الفني (الطول _ العرض _ السمك) فأذا كانت اللوحة أو العمل أبعاده 8 × 10 ×1 /2 سم المطلوب معرفة كم سيكون وزنها لو سبكت برونز وزنه النوعى 9.3 جم / سم^3 فيتم ذلك على النحو التالي : مساحة اللوحة = 8 × 10 = 80سم^2 ، حجم اللوحة = 80 × 1/2 = 40سم^3 ، الوزن المقترح للوحة = 40 × 9.3 = 372جم ، يعني ذلك أن وزن لوحة معدنية 8 × 10 × 1/2سم = 372جم ، أما كمية المعدن الذي سيستهلك أثناء الصهر = 372 × 0.15 = 65.8حم ، فيكون كمية المعدن المطلوب صهره (الوزن المقدر +15% الفاقد) = 372 + 66= 438جم . ويمكن أستخدام هذه الطريقة لوزن المعدن المطلوب صهره لصب عمل فني في تقنيتين سباكة الشمع المفقود وسباكة الرمل .

كما يجب التأكد من توفر كمية الوقود اللازمة قبل البدء بعملية الصهر والوقود المستخدم في الصهر نوعان ذكرها السيد (2003م) وهي : الوقود السائل (المازوت) ، والوقود الجاف (فحم الكوك).

أولاً : الوقود السائل (المازوت) / إذا كان الوقود المستخدم سائلاً فتحسب الكمية المطلوبة على أساس 16% من أجمالي وزن المعدن المطلوب صهره + وزن البوتقة . فإذا كان لدينا 50 كيلو برونز سيتم صهرها ، وتزن بوتقة الصهر 30 كيلو جم فتقدر كمية الوقود المطلوبة كالتالي :

(50 + 30) × 0.16 = 12.8 كيلو مازوت .

ثانياً : الوقود الجاف (فحم الكوك) / يعتبر فحم الكوك من أفضل المصادر للحصول على طاقة حرارية لانه يعطي لهباً مركزاً بالأضافة إلى عدم إحتوائه على مواد ومكونات متطايرة . وتقدر كمية الفحم اللازمة على أساس 24% من وزن المعدن والبوتقة ، فأذا كان وزن المعدن 50 ، ووزن البوتقة 30 تحسب كالتالي : (50 + 30) × 0.24 = 19.2 كيلو جم فحم .

صب المعدن بداخل فراغ القالب :

* الوزن النوعي للشمع 0.9 جم / سم^3 ، والوزن النوعي للبرونز 9.3 جم / سم^3 أي أن المعدن يساوي عشرة أضعاف وزن الشمع .

ذكرستيف هورست Steve hurst (1996م) إن عملية صب المعدن تعتمد أساساً على الحرارة (أي درجة الحرارة التي يتدفق عندها المعدن بسهولة داخل أجزاء القالب) كما أنه يجب عدم تسخين المعدن أكثر من اللازم ، ويضيف عبد الواحد (1967م) بقوله إن المعدن في هذه الحالة قد يتخلل أجزاء القالب مما يتسبب في شقه أو كسره " كما أنه قد ينتج عنه وجود مسام زائدة في المصبوبة الناتجة ، كذلك إذا كانت درجة حرارته أقل من اللازم وكانت المصبوبة تحتوي على أجزاء رقيقة السمك فقد يبرد المعدن أثناء سريانه خلال فجوات هذه الأجزاء بالقالب وبذلك لا تمتلئ تماماً بالمعدن وقد لا يصل إليها بالمرة " (عبدالواحد ، 1967م صـ 46) .

ويجب الاهتمام بعملية الصب إبتداءً من نقل المعدن من فرن الصهر في البوتقة حتى صبه في القالب وتجمده ، ويراعى أن تكون سعة البوتقة تكفي لكمية المعدن المراد صبها في القالب دفعة واحدة . لأنه إذا صبت متقطعة أي على فترات تتكون طبقة من أكسيد المعدن بين هذه الطبقات فتمنع تماسك والتصاق معدن المصبوبة بعضه ببعض . وأكد ستيف هورست Steve Hurst (1996م) والسيد (2003م) بأن المعدن المذاب يكون عرضه لامتصاص الغازات من الهواء ، وذلك يؤثر على درجة انصهار المعدن قبل عملية صبه ، كما أن تلك الأكاسيد المتكونة تترسب داخل السبيكة مكونة خبثاً وشوائب لذلك يتطلب استخدام بعض المواد الكيماوية مضادة لتلك الغازات كالفسفور والصوديوم ، والسليكون ، وثاني أكسيد المنجنيز ، و مسحوق البوركس ، والفحم النباتي ، الحجر الجري (كربونات الكالسيوم) وملح الطعام حيث تعمل تلك المواد على طرد الغازات الضارة والتخلص منها .

ويمكن فحص درجة حرارة المعدن أثناء صهره بواسطة استخدام (البيروميتر) ، وفي حالة عدم توفره ذكر ستيف هورست Steve horst (1996م) طريقة آخرى تقليدية يمكن بواسطتها فحص درجة حرارة البرونز والنحاس " باستخدام عمود صلب نظيف يوضع من قبل التسخين فعندما يذوب

شكل (62)

يوضح عملية الصب وملء القوالب بالمعدن باستخدام ملاقط خاص لرفع البوتقة من الفرن إلى مكان صب تلك القوالب

(جون ميلز John W. Mills ، 1990م صـ 35 صـ 108) و (ستيف هورست Steve Hurst 1996م ، صـ 108)

المعدن يترك العامود نظيفاً وتلك هي درجة الحرارة الصحيحة " (صـ 109) .

كما أكد ستيف هورست Steve horst (1996م) على " أن يكون العاملون في المسبك لهم خبرة وإلمام بتلك التفاصيل ، فحيث ما يصل المعدن إلى درجة الذوبان يكونون مستعدين لرفع البوتقـة من فرن الصهر لإتمام عملية ملئ القوالب كما في شكل (62) باستخدام الملاقيط الخاصة بذلك ليتم صب المعدن المصهور من خلال فتحات صب المعدن داخل القالب لان عملية التباطؤ في الصب يـؤدي إلى حدوث فواصل في المعدن بعد ذلك " (صـ 65) .

ويتم التأكد من ملئ القوالب بالمعدن المصهور بطريقتين ، **الأولى /** عن طريق ملاحظة المعدن مـن فتحة التهوية (أي امتلائها بالمعدن) . والطريقة **الثانية /** بقياس الحد الذي تم وصول المعدن إليه ، ويتم ذلك باستخدام سيخ معدني يقاس به حد المعدن* .

ويؤكد ف. بتراك (د . ت) ضرورة ترك المصبوبات لفترة طويلة حتى يتم تجمدها ببطء ، ويضيف على ذلك راشد (وآخرون) (1999م) إن عملية تجمد المصبوبات تتم من أطراف السطح الخارجي للمصبوبة (الملامسة للقالب الحراري (الدلاليك) متجهةً إلى وسط المصبوبة .

الأدوات والمعدات الخاصة بسباكة الشمع المفقود :

1- الركائز : وهي عبارة عن دعائم تصنع من النحـاس أو الشمع أو الجبس أو خيط الدوبارة وتمتد حـسب الـشكل المطلوب بناؤه عليها كما في شكل (63) ، ويمكن تثبيتـها على قطعة خشبية أو معدنية ليسهل بناء النمـوذج الـشمعي عليها . وغالباً ما تستخدم في تنفيذ الأعمال الكبيرة ، أمـا في الأعمال صغيرة الحجم ويمكن الاستغناء عنها .

شكل (63)
يوضح أشكال مختلفة لركائز من النحاس تأخذ شكل العمل المطلوب بناؤه عليها
(جون ميلز John W. Mills
1990م ، صـ 25)

2- الدلاليك : وهي عبارة عن خليط من الجبس ، والطوب الأحمر ، والطفل (الطين) ، ونشارة الخشب . ويستعمل هذا

---

* يجب مراعاة نوع درجة انصهار المعدن المصنوع منه السيخ ، لانه يلزم أن تقل درجة انصهاره عن درجـة انـصهار المعدن المصبوب في فراغ القالب .

الخليط في تغطية السطح الداخلي والخارجي للنسخة الشمعية لعمل القالب الحراري الذي وضح سابقاً في شكل (41 _ ب ، د) صـ59 الذي يصب داخله المعدن المصهور بعد خروج الشمع منه أثنـاء تحميص القالب الحراري (الدلاليك) .

3- حوامل الدلاليك (المسامير) : تستعمل حوامل الدلاليك للمحافظة على فـراغ الـشمع بعـد صهره , ويتم ذلك بغرز مسامير في النموذج الشمعي إلى القلب الداخلي (الدلاليك الداخلية) ، وتمتد للخارج (لخارج الدلاليك الخارجية) , أي يثبت بواسطتها الدليك الداخلى بالـدليك الخـارجي في مكانه أثناء صب المعدن كما هو مبين سابقاً في شكل (41 ـ ب) .

4- النـــاقوس الحـــراري : وصـــفة قـــدال (1998م) بأنه عبارة عن " إناء كبير علية عاكس ضوئي من مصباح 100 وات فوق الاناء الذي يتم وضـــع الـــشمع فيـــه لتلينـــه في حـــوالي 20 دقيقية " (صـ 111) ويوضحه شكل (64) .

شكل (64)
يوضح ناقوس حراري ، يستخدم لتليين الشمع
(قدال ، 1998م ، صـ116)

5- أدوات معدنية خاصة بتـشكيل النمـوذج الشمعي : تستعمل أدوات معدنية شـكل (65) حادة أو بيضاوية تشبه الأدوات الخاصة بطبيب الأسنان ، وقد تحتاج إلى تسخين في بعـض الأحيـان للمساعدة في تشكيل النموذج الشمعي ، كما يمكن استخدام كاوية اللحام لتليين الشمع أو لحمة أثناء تشكيل النموذج ، ويمكن استبدال رؤوس الآلة بأشكال مختلفة بسهولة.



شكل (65)
يوضح الأدوات التي تستخدم في التشكيل بالشمع

3 - سباكة الكساء Ceramic Shell :

تعد تقنية سباكة الكساء تقنية حديثة ، ويؤكد قدال (1998م) أهميتها لإنتاج أعمال نحتية بالغة الدقة ، وأتى اكتشاف تلك الأهمية من خلال التطور التقني لسباكة الشمع المفقـود ، بعـد توصـل تكنولوجيا الصناعة إلى تركيب مادة الكساء (الغلاف) كبديل عن القالب الحراري (الدلاليك) ، مما أظهر دقة متناهية في المسبوكات بهذه التقنية ، يستفاد منها في كافة فروع الصناعة . أما في مجال الفـن التشكيلي فيؤكد الباحثون استخدام الكثير من النحاتين المتخصصين في سباكة المعـادن لهـذه التقنيـة (Ceramic Shell) (الكـساء*) أمثـال Philipp Clerin و John W. Mills وآخرون . في سباكة أعمالهم النحتيه . حيث أثبتت تجاربهم بأن سباكة الكساء قد تطورت عن سباكة الشمع المفقود ، من حيث دقة نقل تفاصيل السطح المصبوب وسهولة استخدامها .

كما ذكر جون ميلز John W .Mills (1990م) إن هذا النوع من السباكة لا يستخدم فنيـاً على نطاق واسع ، نظراً لارتفاع تكاليف مواده و معداته ، إلا إنه يمكن حل ذلك بواسطة خـبرات النحاتين و تجاربهم ومبادلة المعلومات المتعلقة بالخبرات والآراء الناتجة عن تجارب أدخلت هذه التقنيـة الجديدة للسباكة في معامل الفنانين .

4- السباكة تحت الضغط (الصب في إسطمبات) :

ذكر سعد (1980م) وعبد الواحد (1967م) أن هذه الطريقة تعد مـن الأسـاليب الـتي استخدمها الإنسان في الأعمال المعدنية ذات الجدران الرقيقة . وتتمثل هذه الطريقة بدفع المعدن المنصهر داخل فراغ القالب تحت ضغط عال ويستمر ذلك لفترة قصيرة حتى يتجمد المعدن داخل القالـب ، ثم يفتح نصف القالب وتخرج المسبوكة بالطوارد المعدة لذلك و يغلق القالب و تعاد الدورة مرة أخـرى وتستخدم تلك الطريقة في صب المعادن التي درجة انصهارها منخفـضة ، مثـل الزنـك والقـصدير والرصاص وسبائكها ، كذلك في صب المعادن التي درجة انصهارها مرتفعة نسبياً ، مثـل الألومنيـوم

---

* تتركب مادة الكساء من سيليكا أو حبيبات الكوارتز ، و مادة لاصقة ، وتستخدم مع المعادن التي تنخفض درجـة انصهارها ، وتصب عند درجة حرارة أقل من 2500ف ، أو المعادن التي تصب عند درجـة حـرارة أعلـى مـن 2500ف . (قدال ، 1998م) .

والمنجنيز والنحاس وسبائكها ، وتتم هذه العملية باستخدام المعدن وهو في حالته العجينية (عبد الواحد 1967م) .

5 – سباكة الطرد المركزي :

تعد سباكة الطرد المركزي إحدى التقنيات المتبعة في سباكة المعادن ، وتناول أ. م . ا ليشيف (وآخرون) (1973م) كيفية تنفيذ تلك الطريقة من سباكة المعادن والتي تتم من خلال " صب المعدن السائل داخل قالب يدور بسرعة ، فتقذفه القوة المركزية الطاردة إلى جدران القالب فيتجمد ملتصقاً ا مكوناً فجوة داخلية أسطوانية الشكل دون استعمال دليك " (ص ـ 303) .

و يكون معدن تلك المصبوبات خال من الشوائب ، و يؤكد قدال (1998م) عن ميرك Mear . T. بقوله " عندما يصب المعدن في مركز القالب عند محور الدوران يدور بسرعة للخارج ناحية الأطراف المحيطة بتأثير قوة الدفع المركزي تاركاً الشوائب في المركز " (ص ـ 248) . وتتم هذه العملية بانتظام وبعد التجمد يخرج الأنبوب ويعد القالب لصب أنبوب ثان وهكذا , وتتصف المسبوكات المصنوعة بالقوة الطاردة المركزية بتجانسها وخلوها من الشوائب و المواد الغريبة والفقاقيع وانتظام سمكها ، علاوة على تحسن الخواص الميكانيكية للمسبوكات بتقنية الطرد المركزي ، كما يذكر قدال (1998م) عن ديني مال Dinny Mall خصائص تلك التقنية " بأ ا لا يفوقها في الإنتاج الكمي تقنية أخرى من حيث الدقة و النوعية في إنتاج الحلي بأدق التفاصيل " (ص ـ 248) .

وقد استخدمت هذه التقنية بشكل كبير في ا ال الصناعي كصناعة المواسير وعجلات القطارات . إضافة إلى استخدامها في صناعة الحلي والأعمال النحتية الصغيرة والدقيقة وخاصة في أعمال الميدالية والنحت البارز ، والنحت ا سم الصغير.

6- التشكيل بالترسيب الكهربائي :

عرف الترسيب الكهربائي معجم مصطلحات التكنلوجيا الكيميائية (د . ت) بأنه " عملية الترسيب على إلكترود بالتحليل الكهربائي أو بالأرتحال (الهجرة) " أو " استخلاص الجسيمات الدقيقة للغاية من تيار غازي بواسطة إلكترودات عالية الجهد (الفولتية) "(ص ـ 52) .

وعملية التشكيل بالترسيب الكهربائي طريقة يتم فيها تغطية سطح قالب بطبقة من المعدن المرسب عليها يختلف سمكها حسب المطلوب ، إلا أنه يجب مراعاة أن يكون سمكها (الطبقة المعدنية المرسبة)

مناسباً ليضمن تماسكه على هيئة الشكل المطلوب . كذلك ليسمح بفصلها عن القالب دون إحـداث تشوهات للنسخة المعدنية المرسبة ، والتي يتم ترسيبها إما بالطرق الكيميائية أو الكهربية أو الحرارية .

ويعمل القالب (النموذج الأصلي) أسفل النسخة المعدنية المرسبة كوسيط أو دعامة تستخدم لإتمام عملية الترسيب الكهربي ، إذ أنه يلزم التخلص منها بعد الانتهاء الكامل من عملية الترسيب بفصلها عن النسخة المعدنية المرسبة سواءً كان النموذج مصنوعاً من القوالب المرنة أو الصلبة أو كان مشكلاً مـن الشمع . وتؤكد منى حسن (2000م) إن من " أهم شروط التشكيل بالترسيب الكهربي أن تكـون الطبقة المشكلة غير ملتصقة بل وسهلة الانفصال عن الجسم المستخدم " (صـ 13) .

كما تضيف أن من أهم ما يميزها عن غيرها من تقنيات السباكة التي تحل السبيكة (البرونزية) محل النموذج الشمعي بعد صهره ، هو إمكانية التشكيل بالترسيب الكهربائي مباشرةً على القوالب المرنة أو القوالب الصلبة ، كما أن هناك اختلافاً آخر يكمن في تطابق وتوافق السطح المرسب بدقة ، ونظافته مع سطح القالب حيث إن تلك العملية تتم بداخل محاليل لا تسبب درجة حرار ـا تـشوهات للعمـل (النموذج الأصلي) .

ويمكن أن تتم عملية التشكيل بالترسيب الكهربائي بإحدى طريقتين أشارت إليهما مـنى حـسن (2000م) وهما :

أولاً: التشكيل بالترسيب الكهربائي على النسخة الشمعية :

ويتم ذلك بعد إعداد القالب الشمعي (تشكيله) ، ثم تجهيزه بالجرافيت ليصبح موصـلاً كهربيـاً يسمح بترسيب طبقة المعدن المطلوبة عليه ، ومن ثم يمكن التخلص من القالب الشمعي بغمره في المـاء الساخن .

ثانياً: التشكيل بالترسيب الكهربائي على القوالب المرنة أو قوالب البوليستر والأيبوكسي :

ويتم ذلك بعد يئة تلك الأسطح غير المعدنية للتوصيل الكهربائي سواءً كان بـالغمر الكهربـائي للنحاس أو الفضة ، أو بالدهانات المعدنية الأخـرى كالجرافيت أو الفضة والبرونز , وبعد إتمام عمليـة الترسيب يمكن فصل تلك الأعمـال (النمـاذج) المرسبة عن القوالب المرنة أو قوالب البـولي اسـتر بسهولة . وتتميز أسطح تلك الأعمال المرسبة كهربياً بواسطة القوالب الشمعية أو القوالب المرنـة بدقـة تفاصيلها ، حيث إن الطبقة الأولى تأخـذ شـكل

شكل (66)
يوضح تشكيل مجسم باترسيب الكهربائي
(منى حسن ، 2000م ، صـ 43)

القالب بدقة متناهية كما في شكل (66) وحتى في حالة حدوث ترسيب زائد في منطقة عن أخـرى فإنه قد لا يؤثر على شكل العمل إذا كان صغيراً أما إذا كانت تلك الأعمال المشكلة كـبيرة الحجـم فيجب تنفيذها بعد تجزئتها ، ومن ثم تجميعها باللحام ثم الترسيب عليها مرة آخرى بطبقة من الطـلاء الكهربائي* . إضافةً إلى تميز تلك الأسطح المرسبة بخواص طبيعية ممتازة ويمكن إجراء أي من عمليـات المعالجة على سطحه سواءً بالتلميع أو الصقل أو التبتين أو الطرق أو الحفر .

الأدوات والمواد المستخدمة في عملية الترسيب الكهربي :

تناولت منى حسن (2000م) الأدوات والمواد التي يحتاجها نظام التشكيل والطـلاء بالترسـيب الكهربائي كالتالي :

1- مصدر التيار الكهربائي .
2- حوض الطلاء الرئيسي .
3- التقليب ومصدر التسخين .
4- حوض الشطف .
5- التهوية .

وفيما يلي يتم التعرف على معطيا ا بإيجاز :

1- مصدر التيار الكهربائي : تستخدم البطارية الجافة أو بطارية السيارة ، أو أحد مـصادر التيـار الكهربائي ، كما تستخدم الأسلاك النحاسية في توصيل مصدر التيار من القطب الموجب (الآنـود) وتنقلها إلى القضبان الموصلة والمعلقة فوق حوض الطلاء ، كذلك فإ ا تنقل التيار من قضيب التوصـيل السالب (الكاثود) إلى مصدر التيار كما يظهر في شكل (67 ـ أ) مع مراعاة القدرة الكافيه لتلك الأسلاك التي تحمل التيار من وإلى قضبان التوصيل خلال المحلول الألكتروليتي** الـذي يغمـس فيـه

* يتم تكسيتها بطبقة آخرى من الترسيب الكهربائي لأنه يصعب إخفاء منطقة اللحام فيها .

** المحلول الألكتروليتي (التحليل الكهربائي) " وهو عبارة عن الأملاح التي تذوب في الماء ، والتي تتأين بنسبة معينة تتوقف على نوعية الملح وعلى درجة تركيزه ويستخدم التيار الكهربائي دف فصل مكونات هذه الأملاح والحصول على المعدن من هذه المحاليل على شكل رواسب على القطب السالب (الكاثود) وهذا هو أساس عمليـة الترسـيب الكهربي " (جون ميلز John W. Mills ، 1990م ، صـ 101) .

النموذج المراد طلائه ، ويجب مراعاة تعليقها فوق حمام الترسيب ، ويجب أن تبرز القضبان الموصلة من أطراف الحامل لمسافة 3سم على الأقل وأحياناً يستخدم ثلاثة قضبان ، إثنان يتم توصيلهما بـالطرف الموجب (الأنود) والثالث يوصل بالطرف السالب (الكاثود) بحيث يتم ترتيبـها كمـا في شـكل (67 ـ ب) أنود / كاثود / أنود ، بحيث يكون النموذج السالب (الكاثود) محاطاً كلياً بـألواح معدن الطلاء* . وللتأكد من سمك الطبقة المرسبة يجب توزيع الآنودات بنسب متساوية حول الكاثود.

(أ)
يوضح حوض طلاء الترسيب الكهربائي
الباحثة

(ب)
يوضح موقع الكاثود بين الأنودين وتأثير المسافة بينهما على تركيز الترسيب في منطقة أكثر من آخرى
(منىحسن ، 2000م ، صـ 44)

شكل (67)
يوضح وضع القطعة المعدنية بداخل حوض الطلاء " الترسيب الكهربائي "



2- أحواض الطلاء : تستخدم أحواض الطلاء غير القابلـة للتآكل لحفظ المحلول المستخدم في عملية الطلاء ، ويتوقـف حجمها على حسب حجم العمل المراد ترسيبه ، إلى أنه يجب مراعاة تغطية العمل كاملاً بالمحلول الألكتـروليتي ، فـيمكن استخدام الأحواض المصنوعة من الزجاج المقـاوم لارتفـاع درجة للحرارة والمقاوم للكسر (البيركس) ، أو الأحواض المصنوعة من السيراميك ، أو الأحواض المدهونة بالمينـا ، أو الأحواض الخشبية المطلية بطبقة من المطاط كمـا في شـكل

شكل (68)
يوضح عملية تحريك القطعة أتوماتيكياً بداخل المحلول لسير عملية الترسيب
الباحثة

* ويتم هذا الترتيب لضمان ترسيب أكثر للمعدن على سطح العمل .

. (68)

3- التقليب ومصدر التسخين : يفضل التقليب عندما يريد طلاء أسرع وأفضل وخاصةً إذا كان السمك المطلوب كبيراً . أما عن مصدر تسخين المحلول الألكتروليتي فيمكن أن تعمل غالبية المحاليل في درجة حرارة أعلى من درجة حرارة الغرفة . لذا يعد التحكم في درجة حرارة المحلول ذا أهمية بالغة ، إضافةً إلى أنه يعمل بشكل أفضل ، فيمكن تزويد تلك الأحواض بسخانات تعمل على رفع درجة حرارة المحلول فيها شكل (69) .

شكل (69)
يوضح جهاز تحكم في درجة الحرارة
الباحثة

4- حوض الشطف : يجب غسل العمل المرسب حال خروجه مباشرةً من حوض الترسيب (الطلاء الكهربائي) كما يجب غسله جيداً بالماء العادي من جميع الاتجاهات وذلك لان وجود قليل من كيماويات المحلول الألكتروليتي من شأنها تآكل طبقة الترسيب بالإضافة إلى تغيير غير ملائم في الألوان وظهور عتامة بشكل بقع على سطح العمل ، لذا يجب أن تتم عملية الشطف فور خروج العمل من حوض الطلاء .

5- التهوية : عادةً ما ينتج عن حمامات الطلاء غازات سامة ، لذا يجب الحرص بتهوية المكان باستمرار إذا كان الطلاء يتم بداخل حجرة .

• المعالجات اللازمة لإنهاء العمل المسبوك

تعتبر عملية قطع المصبات وقنوات الهواء وتنظيف المسبوكات عملية هامة لإنتاج الأعمال البرونزية في صورها شبة النهائية ، خاصةً للأعمال المسبوكة بتقنية الشمع المفقود أو الرمل . إذ إنه بعد إتمام عملية صب المعدن داخل القالب الحراري Investment Mould ، وتجمد المسبوكة ، وتحريرها من القالب الحراري (بعد تكسير القالب وإخراج العمل المسبوك) ، تكون عملية قطع المصبات وقنوات الهواء التي تمسك بالعمل ولا تكون جزءاً منه ، ويتم ذلك باستخدام أدوات خاصة كالمناشير أو المطارق أو الصاروخ --- إلخ . إضافةً إلى إلتصاق بعض الزوائد غير المرغوب فيها كحبيبات الرمل أو بعض من مادة القالب الحراري (الدلاليك) أو القشور والزعانف بتلك المسبوكات ، والتي تحتاج إلى

قدر من التنظيف للتخلص من تلك البقايا الملتصقة على سطح المصبوبة ، حيث يتم إزالتها باستخدام طرق وأدوات خاصة ، ويتم ذلك إما بالطرق الميكانيكية أو الكيميائية . فقد يكون لبعض منها قدر معين لتشطيب تلك المسبوكات ، حيث نحصل على الأبعاد النهائية المطلوبة لتنفيذ تلك الأعمال البرونزية .

وقد تناول العديد من الباحثين تلك الأدوات والطرق المستخدمة لقطع المصبات وقنوات الهواء وتنظيف المسبوكات والتي تتم من خلال مايلي :

1- قطع المصبات وقنوات الهواء .

2- تنظيف المسبوكات .

1- **قطع المصبات وقنوات الهواء** :

قطع المصبات وقنوات الهواء عملية تالية لعملية سباكة القطع البرونزية ، إذ إنه بعد إجراء عملية قطع المصبات وقنوات الهواء نحصل على الأعمال البرونزية وهي في صورة شبه نهائية محدده شكل العمل الفني الذي تم تنفيذه .

وتتم عملية قطع المصبات وقنوات الهواء من خلال مايلي :

أ- المطارق : يمكن استخدام المطارق والأزاميل كأداة لقطع المصبات وقنوات الهواء والمسامير عن المسبوكة ، خاصة إذا كانت تلك الأعمال كبيرة الحجم . حيث عرض عبد الواحد (1967م) نوعين مختلفين للمطارق التي يمكن استخدامها في تنفيذ تلك العملية وهي :

- **المطارق اليدوية:** ويطلق عليها المرزبة* وتعمل كوسيلة إيجابية لفصل المصبات تحت تأثير التصادم . كما يمكن أن تستخدم لتخليص المسبوكة من كمية الرمل أو مادة القالب الحراري العالقة بها .

- **المطارق الهوائية :** ويطلق عليها المطرقة الاهتزازية أو الترددية . ويؤكد ذلك راشد (وآخرون) (1999م) بأنها تعمل ترددياً بواسطة تيار الهواء المضغوط من خلال مضخة يركب فيها أزاميل لها أشكال مختلفة فمنها المسطحة والمربعة والكروية والمدببة .

ب- المقصات : يمكن استخدام المقصات كأداة لقطع المصبات وقنوات الهواء المتصله بالمسبوكة وغالباً ما تستخدم تلك الأداة مع المسبوكات التي تتوسط صلادتها كالصلب ، أو التي تنخفض صلادتها

* هي عبارة عن مطرقة ثقيلة يبلغ وزنها 6كجم تقريباً .

كالنحاس والبرونز والألومنيوم --- الخ وهو ما أكده راشد (وآخرون) (1999م) ، كما يقتصر استخدامها مع الأعمال المسبوكة صغيرة الحجم .

ج- المناشير : يمكن استخدام المناشير إما اليدوية أو الكهربائية (الترددية) لإزالة قنوات الصب والهواء عن المسبوكة .

د- آلة التجليخ الكهربائية (الصاروخ Grinder) : يمكن استخدام أداة التجليخ لإزالة القنوات والمصبات عن كافة المسبوكات ، كما عرضها كلاً من قدال (1998م) وراشد (1999م) وذلك مهما ارتفعت درجة صلادتها أو صعبت إزالتها بالمناشير . ويضيف راشد (وآخرون) (1999م) أن ما يميز هذه الأداة عن غيرها من الأدوات إعطائها ملمساً ناعماً في موضع القطع ، إذ لا يحتاج بعد ذلك عملية أخرى لتنعيم سطح المسبوكة ، ويراعى عند استخدام تلك الأداة في القطع كما يرى قدال (1998م) أن يبعد القطع عن سطح العمل بمسافة 1سم تقريباً ، وذلك لمراعاة عدم تأثر تفاصيل سطح العمل خاصةً في الأعمال المسبوكة بتقنية الشمع المفقود .

هـ- القطع باللهب : يمكن استخدام اللهب لقطع المصبات وقنوات الهواء حيث ذكر سعد (1980م) أنها طريقة مناسبة لقطع المصبات والقنوات عن المسبوكات كبيرة الحجم ، والتي يستخدم فيها اللهب القاطع وتيار الأكسجين ، إلا أنه يراعى تحديد المكان المناسب لقطع المصبات الكبيرة أو الصغيرة .

2- **تنظيف المسبوكات** :

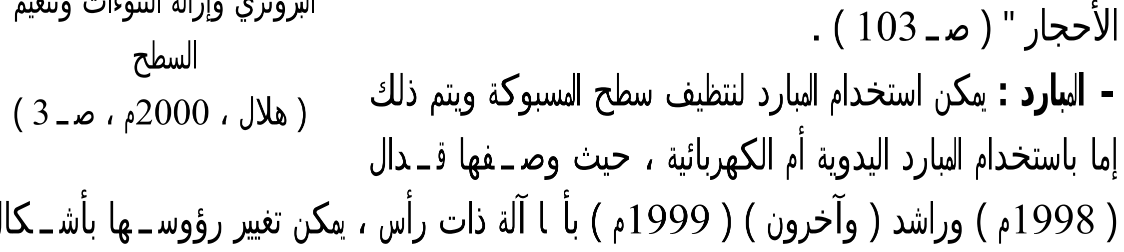
يمكن أن تنفذ عملية تنظيف المسبوكات قبل قطع المصبات إذ أن إزالة الرمل أو مادة القالب الحراري تساعد على قطع المصبات سواءً كان بالمطارق أو المقصات أو المناشير أو الصاروخ أو القطع باللهب كما يمكن أن تتم عملية تنظيف المسبوكات بعد عملية سابقة من قطع المصبات والمصاعد (قنوات خروج الهواء) حيث تسهل تلك الطريقة عملية تنظيف سطح المسبوكات .

وتستخدم عدة طرق ميكانيكية أو كيميائية أثبتت الدراسات فعاليتها لتنظيف سطح المسبوكات وهي :

أ- التنظيف بالطريقة اليدوية .
ب- التنظيف داخل براميل التقليب .
ج- الرش بالرمل .
د- التنظيف الكيميائي بالأحماض .

أ- التنظيف بالطريقة اليدوية : وتعرفها الباحثة بالأدوات المستخدمة والمحمولة يدوياً سواءً أكان يتم تشغيلها يدوياً أم كهربائياً كالصاروخ (آلة التجليخ) أو المبارد أو فرش التنعيم ، وفيما يلي نتعرف على تلك الأدوات :

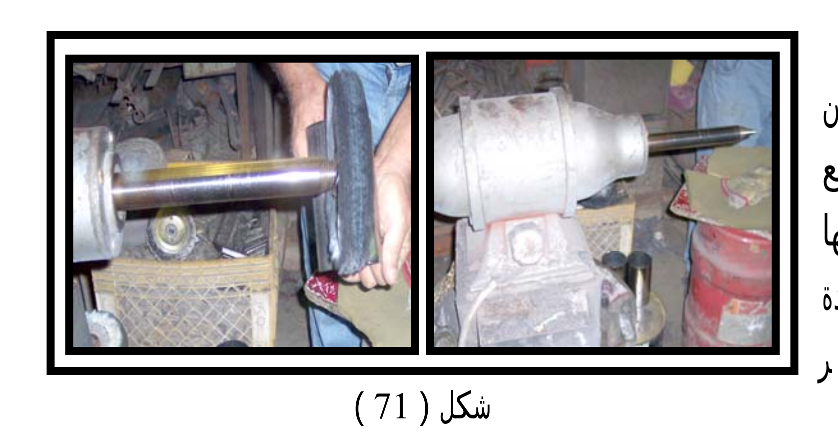
- آلة التجليخ (الصاروخ): يمكن استخدامها لتنظيف وتنعيم سطح المسبوكة وإزالة الزوائد والنتوءات كما في شكل (70) ووصف الخطيب وأيوب (د . ت) تلك الآله (التجليخ) التي تتكون من " أحجار تجليخ تدور بسرعة عالية جداً ناحية الأسطح المراد تنظيفها فيتم التنظيف والصقل بواسطة إزالة أجزاء من المسبوكات عن طريق القطع بواسطة الحبيبات الخادشة الخاصة بهذه الأحجار " (صـ 103) .



شكل (70)
يوضح ألة التجليخ الكهربائية تستخدم لتنظيف السطح البرونزي وإزالة النتوءات وتنعيم السطح
(هلال ، 2000م ، صـ 3)

- المبارد : يمكن استخدام المبارد لتنظيف سطح المسبوكة ويتم ذلك إما باستخدام المبارد اليدوية أم الكهربائية ، حيث وصفها قنديل (1998م) وراشد (وآخرون) (1999م) بأنها آلة ذات رأس ، يمكن تغيير رؤوسها بأشكال وأحجام متنوعة أو إستبدالها بفرش صغيرة من السلك لها أحجام مختلفة ، تعمل على إزالة الزعانف ، أو النتوءات ، أو البروز الناتج عن إزالة المصبات ، أو عن اتصال مناطق اللحام أو غيرها ، والتي لا تكون جزءً من أبعاده النهائية ، وأهم وظيفة تؤديها تلك المبارد هي صقل وتلميع وتنعيم سطح تلك المسبوكات .

- فرش التنعيم : يمكن استخدامها في تنظيف وتلميع وصقل العمل المسبوك ، فلها أنواع وأشكال ودرجات متعددة من الناعم إلى الخشن وتظهر



شكل (71)
يوضح مكنة تنظيف وتلميع السطح
الباحثة

تلك الآله في شكل (71) ووصفها قدال (1998م) بأ ا عبارة عن " موتر مركب به عامود يمسك بطرفة قرص دائري من القماش يقوم بتلميع الشكل والطرف الأخر يمسك بفرشاة سلك دائرية الشكل تقوم بتنظيف المعدن " (ص 268) . ومنها يدوية تحمل باليد ، ويمكن تشغيلها بالكبس على زر التشغيل الموجود في المقبض ليؤدي إلى دوران الفرشاة بسرعة عالية لتعمل على تنظيف أو تلميع أو صقل سطح المشغولة المعدنية ، ويراعى عند استخدام الفرشاة السلك عدم الضغط على السطح حتى لا تؤدي إلى خدش أو تجريح السطح .

ب- التنظيف داخل براميل التقليب : هناك طريقة آخرى يمكن استخدامها لتخليص المسبوكات من مادة القالب الحراري أو لإزالة النتوءات أو الزوائد أو القشور أو الزعانف عن المسبوكات الصغيرة ، وهي الطريقة التي ذكرها كلاً من ف. بتراك (د . ت) وسعد (1980م) وراشد (وآخرون) (1999م) والتي تتم بتقليب المسبوكات في طاحونة أو برميل خاص كما يظهر في شكل (72) حيث يملأ ذلك البرميل بالمسبوكات وبعض الأثقال (قطع حديد) تسمى نجوم الطحن ، التي تساعد على تلميع وصقل سطوح المسبوكات كما تساعد على تنظيم حركة دوران المسبوكات داخل البرميل . حيث إنه بدوران البرميل تقلب وتصطدم المسبوكات مع الأثقال ، مما يؤدي إلى احتكاك بعضها ببعض ، ويستمر دوران البراميل بمعدلات تتفاوت من 25 إلى 50 دورة في الدقيقة ، ويتوقف ذلك على المسبوكات المطلوب تنظيفها ، كما يراعى عدم التقليب الزائد للمسبوكات إذا يتسبب زيادة الاحتكاك في تشويه حواف المسبوكة .



شكل (72)
يوضح براميل خاصة بتنظيف المسبوكات
(ف. بتراك ، د . ت ، ص 65)

ج- الرش بالرمل : هناك طريقة آخرى يمكن استخدامها لتنظيف تلك المسبوكات عن طريق السفع أو الرش بالرمل أو الماء ، بداخل دواليب أو حجرة صغيرة خاصة بذلك ، يتم فيها استخدام الهواء لقذف تلك المواد المنظفة سواءً كانت رمل خشن أو مجروش معدني أو حبيبات صغيرة من الزجاج ، وقد وصف الخطيب وأيوب (د . ت) العمل في تلك الطريقة والتي تتم بوضع المسبوكات داخل دواليب أو حجرة صغيرة خاصة ويوجه إليها تيار هوائي بسرعة عالية يحمل معه ذرات الرمل ويتم ذلك من خلال

مسدسات رش خاصة شكل (73) ، ويضيف على ذلـك سـتيف هورسـت Steve Hurst (1996م) أن تلك الحجرة مزودة بنافذة صغيرة ليستطيع العامل أن يرى تيار الرمل ويتحكم في توجيهه نحـو المسبوكات كما إن أرضيات تلـك الحجرة ذات ثقوب حيث يتجمـع الرمل لإعادة استخدامه .



شكل (73)
يوضح الدولاب الخاص بسفع ورش الرمل ، و المدسد الرشاش
(راشد (وآخرون) ، 1999م ، صـ 428)

ونظراً لخطورة تسمم الـسيلكا Silcons ، وأضرارها على العـين كما يراعى ارتداء خوذة ذات ضغط إيجابي يوصل إليها الهواء النقي مـن الخارج ، مع الإتزام بارتداء الملابـس الواقية والخاصة بذلك ، ويمكن إضافة الماء أي الرش به بجانب مضخة رش الرمل لتعمل علـى تهدئـة وحدة الغبار ولتنظيف وتلميع المسبوكة في نفس الوقت .

د- التنظيف الكيميائي بالأحماض : تعتبر طريقة التنظيف الكيميائي بالاحماض طريقة سهلة وسـريعة نوعاً ما ، ويتم في هذه الطريقة تخلصة المسبوكات من زوائد الرمل أو مادة القالب الحراري من خـلال غمر المسبوكات بداخل أحواض مجهزة بأحماض مختلفة يمكن استخدامها ، حيث إنها تتفاعل مع تلـك الزوائد الموجودة على المسبوكات فتهذبها ، وبعد رفع تلك المسبوكات من حوض الحامض تغسل جيداً بالماء الجاري ثم تجفف .

وتتفق الباحثة مع ما ذكره حمادة (1998م) عن أفضلية استخدام تلك الطريقة لتنظيف الأعمال الفنية التشكيلية ، نظراً لأن المحلول الكيميائي يتغلغل داخل أدق التفاصيل ، أو المناطق الغـائرة والـتي يصعب التعامل معها بالطرق الميكانيكية .

ومن أهم المحاليل الكيميائية المناسبة لتنظيف الأعمال البرونزية ما يلي :

ـ **حمض الكبريتيك*** **Sulphuric:** يمكن استخدام بنسبة 1 إلى 10 ماء كما يمكن تسخين ، لان ذلك يزيل الرواسب العالقة بالمسبوكة بسهولة ، وبعد رفع المشغولة المعدنية من حوض الحامض تغـسل بالماء الجاري . ويضيف حمادة (1998م) " أنـه يمكـن اسـتخدام مـسحوق بـودرة الخفـاف Pumice powder والفرشاة الناعمة لدقة عملية التنظيف ، لتصبح الأسطح المعدنية جاهزة لعملية التلوين " (صـ 278) .

ـ **حمض النيتريك*** **Nitric Acid والكبريتك المخففان :** يمكن استخدام كـلاً مـن حـامض الكبريتيك والنيتريك لتنظيف سطح المسبوكات ، ويمكن إتباع النسبة التي ذكرها حمـادة (1998م) باستخدام كمية متساوية من حمض الكبريتيك والنيتريك مذابة في 40 جزء من الماء** (على حـسب الحجم) ، ويضاف كلوريد الصوديوم (ملح) للمحلول بنسبة 1 إلى 5 من كمية الحمض المـستخدم وتترك المسبوكة في الحمام طوال الليل ، ثم بعد ذلك تخرج القطعة المعدنية من المحلول الحامضي وتغسل جيداً بالماء الجاري ثم تجفف .

ويضيف قدال (1998م) طريقة أسرع وهي الغمس السريع للمـسبوكة في 100 جـزء مـن حامض النيتريك ، وجزء كلوريد الصوديوم (ملح) ، وقليل من الماء . وبعد غمر النموذج البرونزي أو دهانه تغسل المسبوكة بعد ثواني بالماء الجاري ثم تجفف .

ـ **حامض الخليك :** يمكن تنظيف عمل برونزي بحمض الخليك بنسبة 50% مـشبعاً بملـح الطعـام العادي*** ، ثم ترفع المسبوكة من المحلول بعد غمرها ثواني فيه ، بعد ذلك تغسل بالماء الجاري وتجفف .

---

* حمض الكبريتيك / حمض ثقيل زيتي القوام ، يتراوح لونة بين اللونان الأصفر واللون البني الـداكن ، وهـو قـوي ويتكون من محلول كبريتات الهيدروجين ويذوب في الماء ويستخدم في الأصباغ وكيماويات آخرى .

* حمض النيتريك / حمض وعامل مؤكسد قوي ، وهو محلول مائي لنترات الهيدروجين ويميل لونة للأصفر ويستخدم في الأصباغ وكيماويات آخرى (المعاجم التكنولوجية التخصصية " معجم مصطلحات التكنولوجيـا الكيميائيـة " ومعجم مصطلحات الصناعات النسيجية) .

** يراعى إضافة الحامض إلى الماء دائماً .

*** " يمكن استخدام هذه التركيبة أيضاً لتنظيف الأعمال المسبوكة من النحاس " (قدال ، 1998م ، صـ 269) .

- **محلول الصودا الكاوية Solution Caustic :** يمكن غمر العمل البرونزي في محلول الـصودا الكاوية عدة مرات ، ثم غسل العمل بالماء الجاري وتجفيفه .

- **البوتاس (كربونات البوتاسيوم) Potassium Carbonate :** يمكن اسـتخدام هـذه التركيبة لتنظيف العمل البرونزي بغمره في المحلول أو مسح سطحه عدة مرات لإزالة الطبقات الدهنيـة والمواد العالقة .

ويراعى تغطية تلك الأعمال البرونزية الصغيرة التي تم تنظيفها بأي من المحاليل الكيميائية بطبقة عازلة تحميها من الصدأ . وذلك بغمره سريعاً في حمام آخر من الماء تطفو فوق سطحه طبقه من الزيت ويمكن إزالة طبقت الزيت بمسحها بالتربنتين المعدني وذلك في حالة تجهيزه للمعالجـات الكيميائيـة اللونيـة الأخرى .

• أسباب عيوب المسبوكات وطرق علاجها

العيوب الظاهرة على المسبوكة المعدنية سواءً الداخلية أو الخارجية لها أسبا ا سواءً كانـت تلـك الأعمال المسبوكة بتقنية الشمع المفقود أو تقنية الرمل ، وقد تـشترك تلـك الأسـباب في التقنيـتين كالفقاقيع ، أو المسامية أو الغازات أو الشدوخ أو الشروخ --- إلخ ، أو قد تختص بوجودها في تقنية الرمل ، وغالباً يكون السبب فيها ناتجاً عن عيوب في الصب أو الصهر أو المادة المكونة للقالب الحراري أو غيرها .

ويمكن التعرف على أكثر تلك العيوب حدوثاً وأسبابا وطريقة تجنب حدوثها كما يلي :

1- الاحتباس البارد : ويرجعها راشد (وآخرون) (1999م) نتيجة عدم اتحاد المعدنين أو الأكثر في السبيكة الواحدة معاً ، أو أ ما لم ينصهرا سوياً تماماً ، لذلك فإ ما يتركان بعد تقابلهما شـدوخاً على السطح ، علاوة على طبقات رقيقة من الأكسيد .

ويمكن إيجاز أسباب عيب الاحتباس على البارد في **ما يلي :**

أ- الصب المتقطع .

ب- عدم كفاية سيولة المعدن .

ج- عدم تجانس المعدنين المكونين للسبيكة .

ويمكن تلافي حدوث تلك الأسباب عن طريق :

أ- التأكد من وضع المصبات في وضع صحيح ، والتأكد من حجمها وعددها وتوزيعها .

ب- زيادة درجة حرارة الصب ، واستخدام قالب أكثر سخونة .

ج- التأكد من تركيب السبيكة بطريقة صحيحة ومناسبة .

2- الأحتراق : فسر ذلك راشد (وآخرون) (1999م) بأنه نتيجة لخلط المعدن المنصهر مع مـادة القالب الحراري كما يظهر في شكل (74) والذي يؤدي إلى التصاق الخليط بشدة بسطح المسبوكة فتصعب إزالته بطرق التنظيف المعتادة .

ولتلافي حدوث ذلك الاحتراق أو التصاق المعدن بمادة القالب الحراري يجب :

أ- التأكد من دك القوالب بالرمل دكاً جيداً (بالنسبة لتقنية سباكة الرمل) .

ب- التأكد من تماسك مادة القالب الحراري (الدلاليك) تماسكاً جيداً (بالنسبة لتقنية سباكة الشمع المفقود) .

ج- التأكد من خواص (تركيبة أو مكونات) مادة القالب الحراري .

د- خفض درجة حرارة الصب ، وتجنب التسخين الزائد .

هـ- التأكد من طريقة الصب الجيدة .

شكل (74)
يوضح إلتصاق مادة القالب الحراري أو الرمل بسطح المسبوكة نتيجة الشروخ والإحتراق
(راشد (وآخرون) ، 1999م
صـ 437)

3- الثقوب (الفقافيع) : يمكن التعرف على الثقوب أو الفقاقيع كما وصفها الخطيب وأيوب (د . ت) بأنها عبارة عن فجوات غير منتظمة الشكل ، تحتوي على احتباس للرطوبة أو الغازات أو جزيئات من الرمل أو مادة القالب الحراري .

ولتلافي حدوث الثقوب في الأعمال المسبوكة يجب :

أ- الاهتمام باختيار رمال مناسبة من حيث درجة رطوبتها ونفاذيتها للغازات ومن حيث شكلها وحجمها .

ب- التأكد من التوزيع الجيد لقنوات الصب والهواء .

ج- إزالة الغاز من المعدن وذلك باستخدام معالج لامتصاص الغاز مع الصهر .
د- التأكد من جفاف البوتقة من الرطوبة قبل صهر المعدن فيها .
4- الصب المتقطع : قد يحدث عن الصب غير المتصل فقاقيع أو فجوات يرجعها راشد (وآخـرون) (1999م) إلى عدم إتحاد معدني السبيكة ، أو لعدم صهر المعدن بدرجة كافية تسمح بصب المعـدن متصلاً لحين ملء فجوة القالب ، أو لعدم صهر كمية وافرة (كافية) من المعدن لملأ فجوة القالب ، أو لعدم الاتصال في عملية الصب .
ولتلافي حدوث الفقاقيع يجب تجنب الوقوع في الأخطاء السابقة .

5- خطأ سريان المعدن : قد ينشأ عن الخطأ في سريان المعدن فجوات غير ممتلئة في المسبوكة إضافةً إلى عدم إمتلاء الحواف الرقيقة أو البروزات أو الأركان حيث تظهر ثقوب صغيرة ملساء غير منتظمة ذات حواف مستديرة على جدار المسبوكة .
وأرجع راشد (وآخرون) (1999م) **سبب حدوثها إلى الأسباب التالية :**
أ- انخفاض درجة حرارة المعدن عند الصب .
ب- درجة حرارة القالب منخفضة .
ج- عدم وجود مصبات كافية .
د- وجود غازات أو هواء محتبس يمنع من ملء فجوة القالب ملئاً كاملاً .
ولتلافي الأسباب السابقة يراعى ما يلي :
أ- تسخين المعدن بدرجة كافية قبل الصب .
ب- رفع درجة حرارة القالب الحراري .
ج- زيادة عدد وحجم المصبات .

6- الزعانف : قد ينتج عن رفع نصف القالب أو تحريكه (تحريك الرمل) نتيجة لضغط المعدن فبالتالي تتكون الزعانف على المسبوكة وقد ذكر راشد (وآخرون) (1999م) **سبب حدوث ذلك العيب الذي قد يكون نتيجة لـ :**
أ- الدك الخفيف جداً ، أو غير المنتظم للقالب .
ب- عدم وجود طبقة كافية من الرمل تحت صندوق القالب .
ج- عدم إحكام الريزق جيداً .

وللتأكد من عدم وجود الزعانف في المسبوكات يراعى ما يلي :

أ- دك الرمل في القالب دكاً جيداً ومنتظماً .

ب- التأكد من وجود طبقة كافية من الرمل تحت صندوق القالب .

ج- التأكد من إحكام غلق الريزق جيداً ، وتطابق نصفي القالب بوضع علامات أو مفاتيح للغلق .

د- التأكد من سلامة الريزق قبل استخدامها .

7- العيوب السطحية الناتجة عن إزالة المصبات أو زوائد الصب : قد ينشأ في بعض الأحيان عيوب سطحية ناتجة عن تسرع أو عدم التركيز عند إزالة المصبات أو القنوات ، والتي ينتج عنـها تكـسير أو تغيير بعض التفاصيل على سطح العمل البرونزي كمـا في شكل (75) .

وأرجع راشد (وآخرون) (1999م) **سبب ذلك العيب نتيجة** " الإهمال في إزالة المصبات أو زوائـد الـصب في المسبك أو في وحدة ذيب وتشطيب المسبوكات ، وينشأ هذا العيب عادةً في المسبك عند إزالة المـصبات وزوائـد الصب الصغيرة " (صـ 484) ، لذلك يراعـى العنايـة الفائقة عند إزالة المصبات والقنوات أو زوائد الصب وذلك باستخدام وسائل وطرق مناسبة .



شكل (75)
يوضح عيوب ناتجة عن التسرع في إزالة المصبات والقنوات
(راشد) وآخرون) ، 1999م
(صـ 428)

• معالجة وإصلاح عيوب السباكة

تتنوع تلك المعالجات لإصلاح مجموعة العيوب الناتجة عن عملية السباكة فتشمل :

1- سد الثقوب التي تركتها مسامير القلب .

2- استكمال الأجزاء الناقصة .

1- سد الثقوب التي تركتها مسامير القلب :

إذا كانت هناك فجوات أو ثقوب في العمل ناتجة عن مسامير القلب ، أو ناتجة عن عيوب في الصب كفقاعات الهواء أو الغاز ، فيمكن معالجتها كما عرضها قـدال (1998م) بتوسـيع الثقـوب أولاً

بواسطة المثقاب الكهربائي (الدرل) ، وبعد ذلك تسنن الفجوة بأدوات قلوظـة (كمسامير القلوظة) ليـتم قلوظة جزء مـن قنـوات الصب أو استخدام شـريط مسبوك مـن نفـس نـوع السبيكة البرونزيـة للعمـل بحيث يكون بحجم الأداة التي استخدمت في عمل الثقـب تقريباً ، وبعد أن يتم قلوظة ذلك الجزء المضاف من الشريط يقطع الزائد منها باستخدام المنشار أو الصاروخ ، ثم يطرق بالمطرقـة ليعطي تساوياً للسطح ، لأنه من خاصية المعدن التمدد ويوضح تلك الطريقة شكل (76) .

شكل (76)
يوضح طريقة سد الثقوب والفتحات وذلك بملئها باعواد من نفس البرونز المستخدم في السباكة
(قدال ، 1998م ، صـ282)

2- إصلاح واستكمال الأجزاء الناقصة :

يمكن الاستعانة بطريقة أخرى إذا صعب استخدام الطريقة السابقة (القلوظة) بـسبب عيـوب أو فجوة كبيرة ، ويمكن وصف تلك الطريقة كما عرضها قدال (1998م) والتي إما أن تتم باسـتخدام أنابيب اللحام وذلك بصهر قنوات الصب في الجزء الناقص من الشكل لملئها بالمعدن* ، في هذه الحالـة يراعى أن يتم إجراء ذلك قبل التخلص من القلب الداخلي ، لان القلب يقوم بحجز المعدن في حـدود العمل ، ثم نقوم بتهذيب السطح بالمبارد والطرق لتسويته مع باقي أجزاء الشكل . أما إذا كانت تلـك الفجوة كبيرة و ا تفاصيل كثيرة قد اختفت نتيجةً للعيب فيمكن إعادة تشكيل ذلك الجزء بالشمع إما باستخدام القالب الأساسي أو بطريقة بنائها (تشكيلها) بالشمع المباشر إذا كان العمل ليس له قالـب وتتم سباكته بنفس السبيكة ، ثم يتم لحامها باستخدام أنابيب الأكسي إستلين ، أو لحام الأرجوان مـع مراعاة ما قد يحدث من نسبة انكماش بسيطة .

* يجب استخدام نفس قنوات الصب المبتورة من نفس العمل ، وذلك لضمان مطابقة لون المعدن .

• المعالجات اللونية والملمسية للأعمال البرونزية المسبوكة

تعتبر المعالجات اللونية والملمسية مرحلة تشطيب و تهذيب أخيرة حيث يتم بعدها إخراج الأعمال الفنية المسبوكة في صورها النهائية بإكسابها صبغة فنية جديدة باستخدام تقنيات متعددة لها تأثيرات ملمسية أو لونية على سطوح تلك الأعمال الفنية لتظهرها بصورة جمالية جديدة لها قيمة فنية مميزة وتضيف زينب منصور (1990م) إن تعدد رؤية الفنان لتناول تلك المعالجات اللونية والملمسية كانت منذ القدم ، إذ لفتت المعادن باختلاف أنواعها وألوانها نظر الفنان ، وأغرى بالكم الهائل من الخامات الملونة الطبيعية (كالحجار الكريمة ، أو العاج) ، أو المصنعة (كالزجاج أو المينا) من حيث اختلاف لونها وملمسها وإمكانيتها التشكيلية المختلفة من خلال معالجات عديدة كالتكفيت أو التطعيم أو التزجيج والتي مازالت تستخدم إلى اليوم بإضافات تنفيذية بسيطة .

ويؤكد حمادة (1998م) " بأنه على الرغم من استخدامها قديماً إلا أنها بها اختلاف معالجاتها السطحية واختلاف أساليب تناولها حديثاً قد أكسبها نوعية في التشكيل وتحقيق ملامس سطحية كبيرة على المعدن سواءً بالتشطيب أو التلوين " (ص 277) . ولتحقيق الملامس المختلفة أو التشطيبات اللونية المتعددة يمكن استخدام الطرق الكيميائية كالحفر على السطح بالأحماض ، أو الترسيب الكهربائي على سطح المعدن ، التلوين باستخدام الأكسيد (المحاليل) المختلفة ، أو باستخدام الطريقة غير الكيميائية كالطرق على السطح بالأزاميل ، أو التكفيت بالرقائق المعدنية ، أو التلوين باستخدام المينا .

وسيعرض البحث كل تقنية من تلك التقنيات بما تشتملها من معالجات فنية يمكن تطبيقها على أسطح الأعمال البرونزية سواءً كانت تلك الأعمال مسطحة أو مجسمة .

أولاً : المعالجات غير الكيميائية المستخدمة في الحفر والتلوين على أسطح الأعمال البرونزية :

ويقصد بها استخدام طرق ووسائل غير كيميائية يستخدم الفنان تقنياتها للحصول على ملامس أو ألوان مختلفة للعمل الواحد ، أو إعطاء مساحات غائرة بالطرق عليها لتقبل معالجات لونية متنوعة باستخدام خامات ملونة ، دون إحداث أي تفاعلات كيميائية لتثبتها على السطح فقد يتم ذلك بتقنيات متطورة وأساليب فنية تكنولوجية وأهم تلك المعالجات مايلي :

1- التكفيت بالرقائق المعدنية .

2- الطرق على السطح بالأزاميل .
3- التلوين بالمينا .

1- التكفيت بالرقائق المعدنية :

تستخدم هذه الطريقة في تزين العمل وذلك بعد حفـر السطح إما باستخدام الأحماض أو الحفر بالطرق باسـتخدام أزاميل خاصة بحيث تكون حدوداً بارزة بزاوية 45° ، وذلك ما عرضه زهران (1965م) ونادية جـاد (1968م) . ويمكن ترصيع تلك المحفورات بأسلاك أو رقائق من الـذهب أو الفضة أو غيره كما في شكل (77) ، ثم تثبت بـالطرق عليها بخفة ، و ذا يمكن الحصول على تكفيت بالرقـائق في غاية الدقة من حيث انطباقها تماماً على سطح العمل وقـد استخدمت هذه الطريقة بكثرة في الفنون الإسلامية .

شكل (77)
يوضح صندوق من النحاس المسكوب
مطعم بذهب والفضة
(راشل وارد ، 1998م ، صـ 122)

2- الطرق على السطح بالأزاميل :

تضيف عملية الطرق على سطح العمل بالأزاميل ملامس مختلفة لتعطي ملامس مميـزه مقـصوده للعمل الفني ، أو قد يستخدمها الفنان ليخفي ما عاب العمل البرونزي نتيجة السباكة غير المتقنة أو غير الجيدة ، خاصة للأعمال المسبوكة بتقنية سباكة الرمل ، حيث أ ا قد ينتج عنها أحياناً سطح غير أملس أو دقيق التفاصيل ، وذلك يتطلب مهارة للتغلب على تلك العيوب بوسائل فنية معينة .

ويؤكد قدال (1998م) استخدام الفنان هذه الطريقة (المطاردة بالأزاميل) منذ عدة قـرون في الشرق والعالم القديم وحتى يومنا هذا ، وأضاف إن هذه العملية تتطلب مهارة في التعامل ، مع الأسطح المعدنية والتشكيلية ، كما إنه يفضل استخدامها الكثير من الفنـانين لابـراز مهـارا م وإبـداعا م التشكيلية . ويمكن أن تتم عملية الطرق على السطح بالأزاميل إما آلياً أم يدوياً باستخدام أدوات خاصة يمكن شراؤها ، أو بصنعها من الصلب كمسامير Nait Sets ، أو أصابع الموتر (المحرك) .

وتتم عملية الطرق يدوياً على سطح العمل باستخدام الأداة والمطرقة ، حيث توضع منطقة بـروز الأداة موجهة لسطح العمل أو المنطقة المراد الطرق عليها ، ويطرق بالمطرقة على الوجه الآخر من الأداة فتترك أثر الطرقات على سطح العمل وتكرر نفس العملية حسب العملية المطلوب أداؤها . أما الطريقة

الآلية للطرق على سطح العمل وتتم باستخدام مطرقة هوائية خاصة تركب فيها تلك الأدوات ، ويمكن التحكم في سرعة حركة الأداة ، وغالباً ما تستخدم المطرقة الهوائية مع الأعمـال الكـبيرة الحجـم . وللمطرقة الهوائية الفضل الكبير في تطور هذه التقنية حديثاً ، ويمكن تغطية السطح بعد ذلـك بـاللون الأسود . وعرض زهران (1965م) ونادية جاد (1968م) محلولاً يمكن استخدامه لإعطاء السطح لوناً أسوداً ويتكون هذا المحلول من كلوريد الصوديوم (الملح العادي) ، وملـح النـشادر ، وملـح البارود ، وكبريتات النحاس ، حيث يمكن تدليكه على سطح العمل حتى تظهر المناطق البارزة بـاللون البرونزي (أي لون المعدن الأصلي) ، أما المناطق الغائرة من العمل فتأخذ اللون الأسود . وتعتبر هـذه الطريقة إحدى الطرق المستخدمة لمعالجات سطح الأعمال البرونزية .

3- التلوين بالمينا :

تعد المينا أحد الأساليب اللونية المستخدمة كمعالجات لأسطح المشغولات المعدنية التي عرفت منـذ القدم حين تمكن قدماء المصريين من اكتشافها لإول مرة كمادة زجاجية مكونـة مـن الـسيليكات والأكاسيد المعدنية ، فبصهرها على سطح المعدن لدرجة كافيه كان أكتشافهم الاعظم كأحد المظـاهر المدهشة في فنهم . ويؤكد ذلك زهران (1965م) بأن قدماء المصريين استخدموا المينا علـى الأواني الفخارية والخزفية ، أما الإغريق فاستخدموها على الحلي الذهبية والفضية ، وتضيف زينـب منـصور (1990م) إن الحضارة اليونانية والرومانية استخدمت المينا على الأعمال الفنية المصاغة من الـذهب والبرونز .

وقد طبقت المينا بشكل كبير في الحضارات الإسلامية على أعمال الفنانين المختلفة ، أمـا عـصر النهضة في أوربا فيعد فترة إزدهار حقيقية لفن المينا ، وذلك لما وجده الفنانون من إمكانيـات مهمـة وصفات عديدة تميزت ا المينا ، وجعلت استخدامها كاحدى المعالجات اللونية المطبقة علـى سـطح الأعمال البرونزية . فقد عرفت هذه المعالجة باسم " التزجيج بالمينا " وهي عبارة عن مادة زجاجية عديمة اللون ، فقد تكون شفافة أو نصف شفافة ، أو معتمة --- إلخ ، إلا أنه يمكن تلوينها بإضافة أكاسـيد المعادن لها ، لتعطيها تأثيراً لونياً عند الصهر ، ويمكن تطبيقها على سطح المعدن بعدة طرق ذكرها السيد (2001م) فتستخدم إما جافة بعد نخلها جيداً لتنقيتها من الشوائب ، أو مبللة ، أو توضـع داخـل فجوات المعدن التي تم حفرها بالأحماض أو بالطرق . كما تتوفر المينا على هيئة قطع أو أسلاك يمكـن استخدامها بحالتها أو مع مسحوق المينا .

أنواع المينا :

- مينا الحديد والصلب .
- مينا الزهر الجاف .
- مينا الزهر .
- مينا الألومنيوم .
- مينا ذات درجات حرارة عالية .
- مينا الصياغة .

ثانياً : المعالجات الكيميائية المستخدمة في الحفر والتلوين على أسطح الأعمال البرونزية :

ويقصد ا استخدام مجموعة طرق ووسائل كيميائية يتم بواسطتها إكساب المعادن معالجات مختلفة كالحفر على سطح المعدن بالاحماض ، أو التلوين لأسطح الأعمال الفنية بالترسـيب الكهربـائي ، أو بالتبتين (الأكسدة) باستخدام الوسائط الكيميائية المختلفة وتقنيات متعددة يتم ذكرها فيما بعد .

ومن أهم المعالجات الكيميائية التي سيتم التطرق لها مايلي :

1- الحفر على السطح بالأحماض .
2- الترسيب (أو الطلاء) الكهربائي .
3- التلوين (التبتين الكيميائي) الأكسدة .

1- الحفر على السطح بالأحماض Etching :

هناك طريقة تستخدم لمعالجة سطح الأعمال البرونزية وفي نفس الوقت تضفي على تلك الأعمـال لمسات فنية وجمالية ، لتجعل منها طابعاً فنياً مميزاً لأسلوب الفنان ، وذلك بالحفر على السطح بواسـطة الأحماض . ويمكن أن يستخدم الفنان هذه العملية لإبراز التباين في العمل البرونزي بالبارز والغـائر أو اللامع والمطفي ، أو أن يستخدمها كخطوة أولى يمكن ا تجهيز السطح لاستقبال معالجات أخرى سواءً كانت تلك المعالجات كيميائية أو غير كيميائية .

وعملية الحفر على المعدن عملية كيميائية أي يتفاعل فيها سطح المعدن مع وسط كيميائي فيعتـبر تفاعل الحامض مع سطح العمل البرونزي أسلوباً مميزاً لعمل تأثيرات فنية متنوعة على سطح الأعمـال المسطحة وا سمة ، إلا أن هذه العملية تحتاج إلى الحذر الشديد في أثناء التعامل مع تلك الأحماض نظراً لخطور ا ، لذلك لابد من مراعاة الدقة والحرص عند استخدامها .

ويتم الحفر أولاً بنقل التصميم على سطح المعدن* ، ثم تغطية الأجزاء المطلوب بقاؤها بارزة بمـادة عازلة كالشمع أو مخلوط يطلق عليه (Coating) . أما الأجزاء المكشوفة فهي التي يتفاعـل فيهـا الحامض مع سطحها ليتم تآكلها وحفرها كما في شكل (78) .

شكل (78)
يوضح طريقة الحفر على السطح المعدني بالحامض
(عنايات المهدي ، د . ت ، صـ286)

وتذكر نادية جاد (1986م) تركيبة تلك المادة العازلة الكوتنج " Coating " المكونه مـن 4 أجزا ء أسفلت ، 2 جزئين قطران برجلندي Burg Undy ، 1 جزء شمع أبيض " (صـ226) . كما ذكر السيد (2001م) مجموعة تركيبـات مختلفـة في نـسبها لتكـوين مخلـوط الكـوتنج " Coating " العازل كالتالي :

التركيبة الأولى : 60 % أسفلت (قار) مادة عازلة .
20 % شمع عسل ـ مادة لينة ومعاونة على الجفاف .
10% قلفونية (مستكة) مادة رابطة .
10 % زيت ترابنتينا ـ مادة مذيبة .

التركيبة الثانية : 20 % أسفلت .
60 % شمع عسل .
20 % مستكة .

* يجب تنظيف سطح المعدن تماماً من أي شوائب أو مواد دهنية ، لان وجودها يقلل من التصاق الطبقة العازلة على سطح المعدن .

التركيبة الثالثة :20 % أسفلت .
50 % شمع عسل .
30 % مستكة .

التركيبة الرابعة :10 % أسفلت .
50 % شمع عسل .
40 % مستكة .

ويتم تجهيزه تلك التركيبة بطحن القلفونية جيداً ثم نخلها بمنخل دقيق الفتحات (ويذاب في كمية زيت التربنتين باستخدام غلاية مزدوجة)* ، ثم يصهر الأسفلت على نار هادئة إلى أن يصبح في قوام العسل الأسود ، ثم يصهر كمية الشمع في إناء آخر ثم يضاف وهو مصهور إلى الأسفلت السائل ويتم مزجهما معاً بالتقليب المستمر ، ثم يسكب عليهما محلول القلفونية (المستكة) ويقلب إلى أن يتم التأكد من تمام مزجها مع الأسفلت والشمع ويترك الخليط بعد ذلك ليجمد ويخفف بأستخدام البنزين أو التنر البارد للقوام المطلوب للاستخدام .

وأضاف جودي (1996م) طريقة أخرى للتطبيق ، وذلك بتغطية سطح العمل بالكامل من جميع الجهات بمخلوط الكوتنج ، حيث ذكر تركيبتة المكونة من المقادير الآتية " نسبة 20 جرام زفت ، و20 جرام دامر ، و30 جرام شمع عسل نقي ، و150 جرام قار نقي نظيف " (ص 59) .

ويتم تحضيرها بخلط جميع المكونات معاً في إناء فخاري أو معدني على نار هادئة إلى أن تنصهر جميع مكوناتها وتمتزج مع بعضها البعض مكونة خليط سائل القوام . بعدها ترفع من النار ويضاف إليها بضع قطرات من التربنتين حتى تصبح سائلاً جيداً يسهل استعماله على السطح ثم يغطى العمل بالعازل (الكوتنج) يطلى سطح العمل من جميع الجهات سواءً كان العمل مجسماً أو مسطحاً . ويتم باستخدام فرشاة مناسبة لحجم العمل والتفاصيل المراد تغطيتها . بحيث يجب أن يتم تحريكها باتجاه واحد على سطح العمل المراد حفره ، ثم تكرر العملية في الاتجاه المعاكس (أي طولاً وعرضاً) ، وذلك لضمان تغطية السطح بالمادة العازلة كاملاً . وبعد الانتهاء من عملية الطلاء يترك العمل ليجف في الهواء الطلق (العادي) ، أو تحت حرارة الشمس ، ثم نبدأ بتحديد أشكال الزخرفة أو التصميم المطلوب على سطح العمل مباشرةً باستخدام آلة حادة أو دبوس . وتحتاج هذه العملية إلى دقة وقوة تحكم وجرأة فنية ، لان

* يضاف زيت التربنتينا على حسب التركيبة المستخدمة لإنتاج تلك المادة العازلة .

المادة العازلة (الكوتنج) تتميز بسهولة النقش والكشط عليها وإزالة أي جزء غير مرغـوب فيـه ، أو تنظيف أجزاء آخرى . وتمكن هذه الطريقة من إعطاء ملامس او تموجات في غاية الدقة . وبعد تمام هذه العملية يترك العمل إلى أن يجف طلاء المادة العازلة تماماً ليصبح جاهزاً لغمره في المحلول الحامضي .

ويتم تجهيز المحلول بإضافة كمية الحامض إلى الماء* كما في شكل (79) في الحـوض المـستخدم للحفر . فيستخدم حمض النيتريك Nitric المخفف بنسبة 1 جزء من الحامض إلى 3 أجزاء من المـاء للحفر على البرونز . كما ذكر جودي (1996م) إمكانية استخدام حمض الكبريتيك المخفف للحفر على البرونز بنسبة 1 جزء من الحامض إلى 4 أجزاء ماء , كما أضافت ناديـة جاد (1968) أنه يمكن استخدام محلول كلوريد الحديديك بنسبة 1 جزء من المحلول إلى 4 أجزاء من الماء ، وتتوقف

شكل (79)
يوضح تجهيز المحلول الحمضي بأضافة كمية الحامض إلى الماء في الحوض المستخدم للحفر
(عنايات المهدي ، د . ت ، صـ284)

نسبة تركيزالحامض على الزمن المطلـوب للحفـر ونـوع السبيكة . ويؤكد جودي (1996م) بـأن مـدة الحفـر الاعتيادية تتراوح مابين (30 – 50) دقيقـة (أي بقـاء العمل في المحلول الحامض) ولابد أن يراعى مقـدار كميـة المحلول الموجود في الحوض ، بأن تكون مناسبة لحجم العمـل وكافية لتغطيته كاملاً بالحامض لنضمن حفر جميع الأجزاء بنفس المستوى . كما يراعى وضع العمـل برقة في الحوض ، كما يجب ملاحظة العمل بين حين وآخر أثناء وجوده في حمام الحامض ، فبوجـود فقاعات الغاز يجب أن يحرك المحلول باستخدام ريشة طائر . وترجع باهرة القيسي (1981م) سـبب ذلك إلى تفاعل حامض النيتريك مع سطح المعدن مكوناً نترات النحاسيك الزرقاء ، وكذلك غازاً عديم اللون ، وهو أول أوكسيد النيتروجين الذي يتفاعل مع أوكسجين الهـواء مكونـاً ثـاني أوكـسيد النيتروجين .

ويمكن فحص مستوى الحفر باستخدام سن شوكة للتأكد من مستوى الحفر المطلـوب الحـصول عليه ، وبعد ذلك يمكن رفع العمل باستخدام ملاقيط خاصة أو باستعمال قفازات مطاطية واقيـة مـن تأثير الحامض على الجلد ، ثم يغسل العمل بالماء الجاري ، وينظف من المادة العازلة (الكوتنج) بواسطة التنر أو التربنتين أو البـ ين ، ثم يغسل بماء نظيف ويجفف بتراب الحنطة أو نشارة الخشب الأبيض ثم يتم

* يجب إضافة الحامض دائماً إلى الماء ببطء . لأنه إذا أضفنا الماء إلى الحامض قد يتنـاثر الحـامض خـارج الحـوض المستخدم في الحفر ، أو قد يتناثر على الجسد مسبباً حروقاً .

صقله وتلميعه ، وفي بعض الحالات يحتوى التصميم على خطوط أو مساحات لها أكثر من عمق , لـذا يراعى تغطية الأجزاء المطلوب بقاء حفرها بنفس المستوى بالمادة العازلة (الكوتنج) حتى لا تتأثر عنـد وضع العمل ثانيةً في الحامض ، أما الأجزاء المطلوب حفرها بمستويات آخرى فتترك مكشوفة لتتفاعـل مع الحامض عند وضعها فيه ويمكن أن تكرر عمليات الحفر على حسب المستويات المـراد الحـصول عليها .

2- الترسيب (الطلاء) الكهربائي :

عرف الطلاء منذ القدم وتؤكد منى حسن (2000م) أن قدماء المصريين استخدمو تلك التقنيـة لطلاء أعمالهم النحاسية بطبقة من القصدير مخلوطاً مع ملح النشادر ، لذا يعد فن الطلاء بالقصدير مـن أقدم العمليات التي مارسها المصريون ، ومن ثم استخدموها في تكسية أعمالهم الفنية المـصنوعة مـن النحاس أو الخشب بطبقة رقيقة من الذهب أو الفضة لإكسا ا مزيجاً من الألوان المبتكرة . ويذكر قدال (1998م) أن أصل الطلاء الكهربائي يرجع إلى بداية القرن التاسع عشر . والترسيب الكهربائي كما عرفته منى حسن (2000م) " هو عملية تغطية الجسم المعدني أو غير المعدني بطبقـة مـن المعـدن باستخدام التيار الكهربائي ومحاليل أو مصهورات أملاح أو قواعد الفلز المطلوب التغطية به "(صـ 7). وتضيف زينب منصور (1990م) بأنه " عملية كيميائية يتم خلالها تحليل المعدن تحليلاً كهربيـاً وترسيب ذراته على سطح معدن آخر " (صـ 26) .

وتخلص الباحثة إلى تعريف الترسيب الكهربائي بأنه عبارة عن عملية كيميائية تستخدم لتغطية أسطح الأعمال الفنية بطبقة رقيقة من معادن مختلفة كالذهب أو الفضة أو البلاتين أو الكروم أو النيكـل ، أو القصدير --- إلخ ، وذلك لإعطائها لمسة جمالية بإكسا ا ألواناً طبيعية من نفس لون المعدن المرسـب عليها ، إضافةً لقيمتها النفعية المتمثلة في حماية العمل من أثر العوامل الجوية .

والترسيب الكهربائي عملية يسهل استخدامها حتى في حالة الأعمال المعقدة ، مع إمكانية الـتحكم في سمك وصلابة الطبقة المرسبة ، بحيث تكون الطبقة المترسبة أكثر إنتظاماً (أي أن سمك الطبقة المرسبة واحد على جميع أجزاء العمل) , كما أ ا تعد اقتصادية من ناحية الطلاء والتكلفة المادية .

وتتم عملية الترسيب الكهربائي كما عرضتها منى حسن (2000م) بتعليق العمل البرونزي المراد الترسيب عليه في طرف القطب السالب المسمى الكاثود Cathode ، ويعلق المعدن المراد ترسـيبه في القطب الموجب المسمى الأنود Anode ، ثم يوضع القطبان السالب (الكاثود) والموجب (الأنود)

في حوض به محلول الترسيب ، المكون من أملاح المعدن . فبمجرد توصيل الدائرة الكهربائية تصبح المحاليل على هيئة أيونات مختلفة الشحنة ، حيث تتجه الأيونات ذات الشحنة الموجبة (المسمى أيونا كاتيون) إلى القطب السالب الكاثود فتفقد شحنتها ، بينما تتجه الأيونات ذات الشحنة السالبة (المسمى أيونا أنتيونات) إلى القطب الموجب الأنود حيث تفقد شحنتها كما يظهر في شكل (80) وبذلك تتم عملية الترسيب على سطح العمل الفني .

شكل (80)
يوضح سير عملية الطلاء بالترسيب الكهربائي
(منى حسن ، 2000م ، ص 9)

أحواض الطلاء التي يمكن استخدامها لإضفاء معالجات لونية مختلفة على أسطح الأعمال المسبوكة :

هناك مجموعة مكونات مختلفة يختص كل منها بنوع الطلاء المراد استخدامه والتي أشارت إليها زينب منصور (1990م) وشوشان (1988م) كالتالي :

أولاً / الطلاء بالذهب :

يمكن تنفيذها من خلال أربعة مخاليط متنوعة يتم ذكر تركيبتها كما يلي :

1- التركيبة الأولى : والتي عرضها شوشان (1988م) باستخدام حوض السيانيد (الذهب السيانيدي) وينتج هذا النوع طبقة رقيقة من الذهب مشابهة للذهب عيار 24 .

مكونات محلول حوض الطلاء	النسبة	درجة الحرارة
ذهب البوتاسيوم أو الصوديوم	3،6 جم / لتر ماء	50°م
سيانيد بوتلسيوم أو صوديوم	3،6 - 7،2 جم / لتر ماء	
ثاني فوسفات الصوديوم	3،6 - 10،8 جم / لتر ماء	

يجب غسل العمل البرونزي فور الانتهاء من طلائه وذلك بغسله أولاً في ماء بارد ثم بالماء الساخن ثم يجفف في أوعية دافئة مملوءة بالسليكا وذلك لامتصاص الرطوبة* ، وعند الرغبة في الحصول على طبقـة سميكة من الطلاء على سطح القطعة البرونزية ، يتم وضعها في حوض الطلاء مرة ثانية وثالثـة ورابعـة وهكذا ، وذلك على حسب سمك الطبقة المراد الحصول عليها . مع مراعاة غسل العمـل البرونـزي وتلميعه بعد كل مرة توضع فيها في حوض الطلاء .

2- التركيبة الثانية : عرضت زينب منصور (1990م) مكونا ا كالتالي :

مكونات محلول حوض الطلاء	النسبة	درجة الحرارة	شدة التيار	قوة التيار
سيانيد ذهب	6جم / لتر ماء	60°م	0،2 أمبير	2،5 فولت
فوسفات الصوديوم	10 جم / لتر ماء			
سيانيد صوديوم	3 جم / لتر ماء			

3- التركيبة الثالثة :

مكونات محلول حوض الطلاء	النسبة	درجة الحرارة	شدة التيار	قوة التيار
سيانيد ذهب	5 جم	منخفضة	0،2 أمبير	2،5 فولت
سيانيد بوتاسيوم	20 جم			
ماء مقطر	500 سم^3			

4- التركيبة الرابعة : نوه عنها شوشان (1988م) ويتم فيها الطلاء بطبقة رقيقة من الذهب بالغمر بدون تيار كهربائي , حيث ينتج عنها طلاء لامع وبراق ، كما أننا نحصل من خلالها على طبقة رقيقة ذات سمك واحد على جميع أجزاء العمل , ويلاحظ أن غمر القطعة المعدنية لفترات طويلة داخل المحلول لا يزيد من سمك طبقة الطلاء .

* تفيد هذه العملية في منع تكّون بقع مائية على السطح .

مكونات محلول حوض الطلاء	النسبة	درجة الحرارة
سيانيد ذهب البوتاسيوم أو الصوديوم	3،6 جم / لتر ماء	50 – 70°م
سيانيد صوديوم	21،6جم / لتر ماء	
ثاني كبريتات الصوديوم	15،5 جم / لتر ماء	
أيدروكسيد بوتاسيوم	15،5 جم / لتر ماء	

ثانياً / الطلاء بالفضة :

1- التركيبة الأولى : عرض مكونا ا شوشان (1988م) كالتالي :

مكونات محلول حوض الطلاء	النسبة	درجة الحرارة
فضة (ملح معدني)	1 – 5 جم / لتر ماء	40°م للترسيب السميك ، و 20°م للترسيب الرقيق
سيانيد صوديوم	60 – 100 جم / لتر ماء	
كربونات صوديوم	0 – 30 جم / لتر ماء	

2- التركيبة الثانية : اتفقت زينب منصور (1990م) مع عنايات المهدي (د . ت) على ذكرهـا كالتالي :

مكونات محلول حوض الطلاء	النسبة	درجة الحرارة	شدة التيار	قوة التيار
نترات فضة	20 جم / لتر ماء	عادية	0،5- 1 أمبير	0،5 - 2،5 فولت
سيانيد بوتاسيوم أو صوديوم	80 جم / لتر ماء			
كربونات بوتاسيوم أو صوديوم	20 جم / لتر ماء			

3- التركيبة الثالثة : ذكر ا عنايات المهدي (د . ت) كالتالي :

مكونات محلول حوض الطلاء	النسبة	درجة الحرارة	شدة التيار	قوة التيار
نترات سيانور فضة	30 جم / لتر ماء	عادية	1 أمبير	1،5 - 2،5

سيانيد بوتاسيوم	70 جم / لتر ماء			فولت
كربونات بوتاسيوم	30 جم / لتر ماء			

ثالثاً / طلاء الذهب الأبيض (نحاس – فضة) :

ويصفه شوشان (1988م) بأنه سهل التنظيف والتلميع ، كما أنه يحتفظ لمـدة طويلـة ببريقـه ولمعانه ، ويجب ملاحظة أن الزيادة في نسبة الفضة يجعل لون الطلاء قريبـاً للـون الفـضة (اللـون الأبيض) ، أما بزيادة نسبة النحاس فإن لون الطلاء يقترب إلى إصفرار الذهب ، وعلى ذلك يمكن ذكر مكونات ذلك الطلاء كالتالي :

مكونات محلول حوض الطلاء	النسبة	درجة الحرارة
نترات الفضة	5 – 15 جم / لتر ماء	60°م
كبريتات النحاس	39 جم / لتر ماء	
سيانيد صوديوم	78 جم / لتر ماء	
كربونات صوديوم	31 جم / لتر ماء	

رابعاً / الطلاء بالنحاس :

اتفق على ذكرها شوشان (1988م) مع زينب منصور (1990م) كالتالي :

1- التركيبة الأولى :

مكونات محلول حوض الطلاء	النسبة	درجة الحرارة	شدة التيار	قوة التيار
سيانيد نحاس	45 جم / لتر ماء	40 – 45°م	0،5 - 1،5 أمبير	1،5 - 4 فولت
سـيانيد الـصوديوم أوالبوتاسيوم	60 جم / لتر ماء			
كربونات الصوديوم	10 جم / لتر ماء			

2- التركيبة الثانية : طلاء النحاس الحمضي واتفقت على ذكرها عنايات المهـدي (د . ت) مـع شوشان (1988م) كالتالي :

مكونات محلول حوض الطلاء	النسبة	درجة الحرارة	شدة التيار	قوة التيار
كبريتات النحاس	240 جم / لتر ماء	20– 40°م	20 أمبير	1- 3،5 فولت
حمض الكبريتيك	60 جم / لتر ماء			
ماء مقطر	لتر			

خامساً / الطلاء بالنحاس الأصفر :

وعرض شوشان (1988م) منها ثلاث تركيبات كالتالي :

1- التركيبة الأولى :

مكونات محلول حوض الطلاء	النسبة	درجة الحرارة
سيانيد النحاسوز	32 جم / لتر ماء	30°م
سيانيد الصوديوم	45 جم / لتر ماء	
سيانيد الزنك	13 جم / لتر ماء	
كربونات صوديوم	15 جم / لتر ماء	
بيكربونات صوديوم	15 جم / لتر ماء	
أمونيا	1،25 مم / لتر ماء	

2- التركيبة الثانية : تعطي طلاء أكثر لمعاناً من التركيبة السابقة .

مكونات محلول حوض الطلاء	النسبة	درجة الحرارة
سيانيد النحاسوز	75 - 100 جم / لتر ماء	70 - 90°م
أكسيد الزنك	3 - 9 جم / لتر ماء	
سيانيد صوديوم	90 - 130 جم / لتر ماء	
أيدروكسيد الصوديوم	45 – 70 جم / لتر ماء	

3- التركيبة الثالثة : وتكون فيها نسبة الزنك أكبر من نسبة النحاس كالتالي :

مكونات محلول حوض الطلاء	النسبة	درجة الحرارة
سيانيد الزنك	60 جم / لتر ماء	70 – 9°م
سيانيد النحاسوز	15 جم / لتر ماء	
سيانيد الصوديوم	50 جم / لتر ماء	
أيدروكسيد صوديوم	60 جم / لتر ماء	
صوديوم سلفيت	0،5 جم / لتر ماء	

سادساً / الطلاء بالفضة الألمانية (نحاس ونيكل) :

ذكر شوشان (1988م) " تتدرج ألوا ا من الأبيض الفضي للأصفر أو الأبيض الناصع اللامع . وذلك باختلاف نسبة النيكل والنحاس " (صـ 85) ، ويتكون محلول حوض هذا الطلاء من التالي :

مكونات محلول حوض الطلاء	النسبة
كبريتات النيكل	31 جم / لتر ماء
كبريتات النحاس	93 جم / لتر ماء
سيانيد الصوديوم	140 جم / لتر ماء
كربونات الصوديوم	47 جم / لتر ماء

سابعاً / الطلاء بالنيكل :

تناول شوشان (1988م) تركيبتان مختلفتان للطلاء بالنيكل كالتالي :

1- التركيبة الأولى :

مكونات محلول حوض الطلاء	النسبة	درجة الحرارة
كبريتات النيكل	200 جم / لتر ماء	40°م
كلوريد النيكل	50 جم / لتر ماء	
حمض البوريك	25 جم / لتر ماء	

2- التركيبة الثانية :

مكونات محلول حوض الطلاء	النسبة	درجة الحرارة
سلفات النيكل	300 جم / لتر ماء	50°م
كلوريد النيكل	30 جم / لتر ماء	
حمض البوريك	30 جم / لتر ماء	

ثامناً / الطلاء بالكروم :

وصفت عنايات المهدي (د . ت) تركيبة محلول الطلاء بالكروم كالتالي :

مكونات محلول حوض الطلاء	النسبة	درجة الحرارة	شدة التيار	قوة التيار
ثالث أكسيد الكـروم (حمض الكروميك)	400 جم / لتر ماء	40– 50°م	10 - 20 أمبير	4،5 – 7 فولت
حمض كبريتيد مركز	4 جم			

3- التلوين الكيميائي للمعدن (الباتين) Batiation :

تنتج الباتينة أصل المعدن من خلال تفاعل عوامل الطبيعة الجوية كالهواء والرطوبة والماء والتي تكون نتيجتها ألواناً طبيعية جميلة أطلق عليها الأكسدة " الصدأ " ، والتي هي عبارة عـن مـواد كيماويـة تشكلت عنها أغلفه رقيقة من الأكسيدات أو الكبريتات Oxidss Or Sulfides بفعل العوامـل الجوية ، أو نتيجة دفنها في باطن الأرض ، غير أن هذه الباتينات الطبيعية قد نالت إعجاب الفنان منـذ عصر النهضة حينما اكتشفت أعداداً من البرونزيات العتيقة ذات ألوان جذابة استحسنها الفنانون منـذ ذلك العصر كطريقة لتلوين أعمالهم الفنية ، وسرعان ما بدأت المحاولات لاكتشاف باتينـه صـناعية . وأكدت عنايات المهدي (د . ت) إن ما يعيب الباتينا الطبيعية هو استغراقها وقتاً طويلاً لتحقيق اللون المطلوب . كما أضاف هلال (2000م) أنه " تمت المحاولات للحصول على تأثيرات لونية تتخطـى الفعل الزمني الذي تستغرقه الطبيعة للحصول على هذه التأثيرات . ومن ثم أصبح التلوين بشتى أنواعـه بديلاً عن الأكسدة الطبيعية للمعادن " (صـ 1) .

ويتفق هلال (2000م) مع قدال (1998م) وحمادة (1998م) بـأن التلـوين الـصناعي باستخدام الوسائط الكيميائية هو الأكثر تطبيقاً مع سبائك البرونز خاصة وأن هذا اللون لا ينفذ إلى بنية المعادن الأساسيه لذلك استخدمه كثير من الفنانين لتلوين أعمالهم البرونزية وهي يمكن عزل سـطحها بعد تبتينها بدهنها بطبقة من الورنيش ، أو الشمع السائل المخلوط بقليل من البنزين أو التربنتين . ويمكن تنفيذ الباتين بدون عزلها بالورنيش أو الشمع ، وهذا ما قام به كل من دونتلّو Donatelle ، وبرتولد Bertoldo حيث ذكر ريتـشارد هـوجس وميـشال رو Richard & Michal Row Hughes (1995م) " أنهم قاموا بوضع الباتينا البنية بدون طبقة ورنيش وفق ما هـو شـائع في مدرسة توسكانا في حين يفضل النحاتون في مدرسة فينيسيا استخدام طبقة الورنيش " (صـ 20) . كما أشار إلى كتاب فازاري Vasari الذي تضمن اشارة واضحة " بأن لون البرونز الأحمـر يحولـه البعض إلى اللون الأسود باستخدام الزيت ، كما يستخدم الخل للحصول علـى اللـون الأخـضر " (صـ 22) .

إلا أنه يراعى قبل تلوين (تبتين) تلك الأعمال البرونزية معالجة وتنظيف سطحها سـواءً بـالطرق الميكانيكية أو الطرق الكيميائية ، التي سبق عرضها . كما يراعي تحضيرها في أربعة عشر لوناً أوردهـا هلال (2000م) وهي الأسود ، الأسود المطلي ، الأسود المائل للزرقة ، البني الداكن المائل للأسـود البني الداكن ، البني الفاتح ، البرونزي الفاتح ، البرونزي الذي يميل للبرتقالي ، الأصفر الذهبي ، الأخضر الفاتح ، الأخضر الفاتح المائل للأزرق ، الأخضر المائل للزرقة المائية ، الأخضر الزيتوني المط ، الأخضر القاتم العتيق .

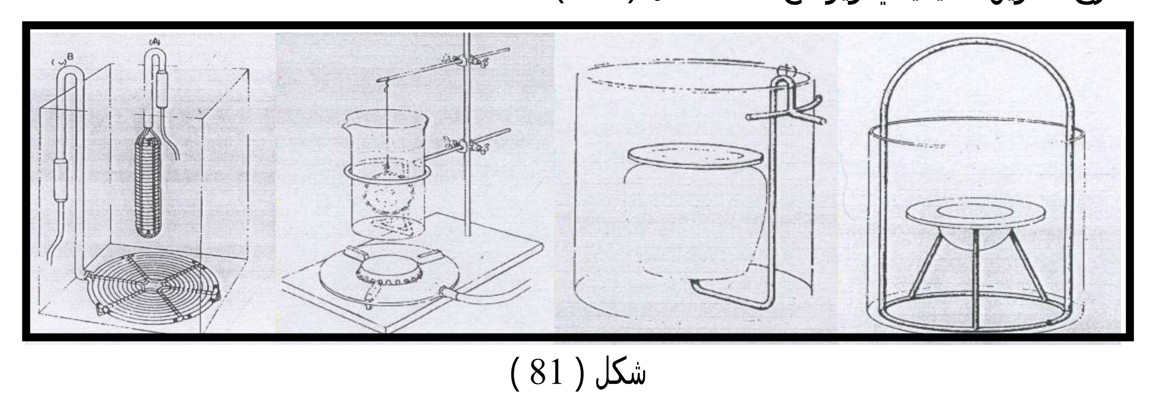
وفيما يلي يتم التعرف على تقنيات التلوين " التبتين " الكيميائي لسبائك البرونـز كمـا تناولهـا هلال (2000م) في أساليب التلوين الكيميائي لسبائك البرونز ، حيث قسمها إلى سبع تقنيات كما يلي :

1- تقنية التلوين الكيميائي بالغمر .
2- التلوين الكيميائي بالتسخين باللهب والدهان .
3- تقنية التلوين الكيميائي بالبخار .
4- تقنية التلوين الكيميائي بالرذاذ .
5- تقنية التلوين الكيميائي باستخدام المعاجين .
6- تقنية التلوين الكيميائي بالذرات (نشارة الخشب) .
7- تقنية التلوين الكيميائي بالمواد المنطبعة (الصوف والقطن والقماش) .

ويؤكد إن جميع هذه التقنيات حازت على نتائج غاية في الأهمية ، حيث تؤثر فيما ينتهي إليه اللون وملمسه على الأسطح الخارجية للأعمال الفنية المسبوكة ، وفيما يلي عرض موجز عما تفتيـه تلـك التقنيات كالتالي :

1- التلوين بالغمر Immersion Colouring :

يؤكد هلال (2000م) " تنوع الألوان والتشطيبات التي يمكن الحصول عليها ، عن طريق غمر القطعة بأكملها في المحلول الكيميائي في درجة حرارة تتراوح بين البرودة والغليان لأوقات زمنية مختلفة ، مع مراعاة تنظيف وتخشين سطح النسخة المعدنية قبل إجراء عملية التلوين ، مع التأكد من عدم احتباس أي بقايا لرمل السباكة أو دهون في الفتحات أو الزوايا أثناء صقل السطح وإزالتـها ، حيـث إن أي دهون متبقية ستحلل عند غمر القطعة وربما شابت وأعاقت عملية التلوين " (صـ 4) . ويمكن غمـر العمل البرونزي بداخل الحوض الذي يحتوي المحلول ، أو تعليقه بداخل اناء البايريكس ويوضع تحته لهب لتسخين المحلول ، أو استخدام السخانات المغموسة بداحل الحوض ، لان تسخين المحلول يعطي نتيجـة أسرع للتلوين الكيميائي ويوضح ذلك شكل (81) .



شكل (81)
يوضح التلوين الكيميائي بالغمر
(هلال ، 2000م ، صـ 5)

2- تقنية التلوين الكيميائي بالتسخين باللهب والدهان Torch Techinge :

يمكن تلوين المشغولات المعدنية باستخدام تقنية التلوين الكيميائي بالتسخين بالحرارة والذي ينتج عن تفاعل المعدن مع الأكسجين محدثاً تغيرات لونية متعددة الألوان والتدرجات . وتؤكد ذالـك زينـب منصور (1990م) ، ويضيف هلال (2000م) أن جودة النتيجة النهائية تعتمد بصورة كبيرة على مهارة وخبرة الذي يقوم بإجراء الباتينا .

ويمكن تقسيم طريقة التلوين بالتسخين إلى قسمين كالتالي :

أ- التلوين بالتسخين بالحرارة فقط : وهي التي يستخدم فيها اللهب المباشر أو غير المباشر أي بإدخالها الفرن الكهربائي . وهذا ما نوهت عنه زينب منصور (1990م) حيث إنه " عند تعريض النحاس لدرجة حرارة تدريجية تبدأ من 200°م إلى 700°م باستخدام لهب الغاز المباشر فإنه يتكون على سطح النحاس قشرة من أكسيد النحاس بتغيرات لونية عديدة ، تبدأ باللون الوردي في بداية التسخين ثم يتحول إلى اللون الأصفر المصحوب بزرقة مع زيادة درجة الحرارة ، ثم إلى اللون الأصفر ، ثم إلى اللون الأحمر الأرجواني ، وبزيادة درجة الحرارة نجد أن السطح تطفو عليه درجات ألوان قوس قزح " ألوان الطيف " وبزيادة درجة الحرارة يزداد سمك طبقة الأكسيد وتصبح سوداء " (صـ 20) .

ب- التلوين الكيميائي بالتسخين باللهب والدهان : ويتم في هذه الطريقة تسخين سطح العمل المعدني بواسطة اللهب الأزرق (الدافور) اليدوي ثم دهن المحلول الكيميائي على السطح . ويؤكد هلال (2000م) " أن اللون يتكون في هذه الطريقة تدريجياً بالتبادل بين تسخين مساحة صغيرة من المعدن باللهب الأكسيدي ، ثم يتبع ذلك دهان المحلول على المساحة التي سبق تسخينها كما في شكل (82) مع ملاحظة أن المحلول يتم استخدامه بطريقة الدهان أو التنقيط بالفرشاة أو باستخدام قطعة قماش وفي بعض الحالات يكون من الضروري استخدام فرشاة نحاسية لخدش السطح المعدني قبل التلوين مع مراعاة دهان المحلول على السطح المعدني بطريقة اقتصادية في أي من التقنيات المستخدمة حتى لا يتسبب في تسيل المحلول فوق السطح " (صـ 7) .

شكل (82)
يوضح التلوين الكيميائي بالتسخين باللهب والدهان ، ويتم دهان المحلول أو تنقيطة على السطح بعد تسخينه
(هلال ، 2000م ، صـ 7)

3- تقنية التلوين الكيميائي باستخدام البخار Vapor Technique :

تعد تقنية التلوين الكيميائي باستخدام البخار أقل ضرراً من تقنية التلوين الكيميائي بالتسخين والدهان ، ويتم في تقنية التلوين بالبخار تعريض الأسطح المعدنية لفعالية الأبخرة والغازات لفترات زمنية مختلفة . ويذكر ريتشارد هوجس وميشال رو Richard Hughes & Michal Row (1995م) أن هذه التقنية تقوم على تبتين القطعة المعدنية عند وضعها بداخل صندوق محكم الإغلاق

ثم إطلاق غازات ومحاليل متولدة وذلك لمحاكاة الباتينا الطبيعية . ويؤكد ذلك قدال (1998م) عند ذكره لخطوات سير تلك العملية والتي تتم أولاً بترطيب سطح العمل البرونزي النظيف بماء مكرر ثم وضع ذلك العمل (المراد تبتينه) بداخل صندوق يوضع على أرضيته وعاءان منفصلان يحتويان على محلول كيماوي ، بحيث يحتوي الوعاء الأول على حامض الخليك المركز ، والوعاء الثاني يحتوي على الأمونيا المركزة ، توضع المادتان الكيماويتان بالأوعية المنفصلة معاً في صندوق العمل التشكيلي ويتم غلقه بإحكام محافظة على تركز الأبخرة داخل الوعاء وتفاعلها في الصندوق مكونة الباتينا على سطح العمل ، ويختلف الوقت من 10 إلى 30 ساعة على حسب درجة اللون المطلوبة , وغالباً ما تترك لفترات طويلة لإجراء اللون المطلوب كالأزرق المائل إلى الأخضر .

كما إن هناك تركيبة أخرى لاستخدام التلوين بالأبخرة تتركب من الماء والهيدروكلوريك وينتج عنها بتين أخضر عتيق ، ويمكن تركة لفترات طويلة داخل الصندوق للحصول على باتين أخضر غني ، أورد طريقتها قدال (1998م) وهي تتم بـ :

> ملئ أحد الآنيتان بماء نقي والآخر بحامض الهيدروكلوريك (توضع بداخل صندوق محكم الإغلاق مع العمل البرونزي) ويفتح الصندوق على فترات لإضافة قطع صغيرة من الرخام أو الطباشير (كربونات الكالسيوم) إلى حامض الهيدروكلوريك , وسوف يتبخر الماء النقى ببطء ويزيد من تركيز الرطوبة في الغلاف الجوي داخل الصندوق , وسوف تتسبب إضافة كربونات الكالسيوم إلى الحامض في توليد ثاني أكسيد الكربون ، ويجب أن يستمر تعريض البرونز للأبخرة لعدة أيام (صـ 291) .

ويراعى عند استخدام تقنية التلوين بالأبخرة الكيميائية أن تستخدم بعناية فائقة مع اتخاذ الاحتياطات اللازمة بارتداء الأقنعة الواقية أثناء العمل .

4- تقنية التلوين الكيميائي باستخدام الرذاذ Application Spraying :

ذكر هلال (2000م) إن هذه التقنية " تتم برش القطعة المعدنية بمحلول رذاذ كالندى ثم تركه ليجف قبل الخطوة التالية ، وتكرر هذه العملية حتى تتكون طبقة اللون _ الباتينا _ المطلوبة ، ويمكن الحصول على الرذاذ الدقيق من خلال مسدس رش بالهواء المضغوط* " (صـ 9) .

* يمكن استخدام الرشاش العادي الذي يستخدم في مقاومة الحشرات , وهي عبارة عن رشاشات بلاستيكية تقاوم المواد الكيميائية والأحماض , مما يجعلها مناسبة للاستخدام ، إلا أنه يجب تنظيفها جيداً بعد الاستعمال .

ويؤكد جون ميلز John W. Mills (1990م) أن نجاح تلك الطريقة يعتمد على العنايـة الفائقة التي ينفذ ا ، حيث إنه في حالة الإسراف في استخدام الرش بالمحلول فإنه سوف يتجمع المحلول أو يسيل على السطح مكوناً عروق أو تموجات قد تسيء من شكل الباتين أحياناً . لذا فإن الأسـلوب الأمثل هو تغطية السطح المعدني بطبقة من رذاذ الدقيق أو التربة ، التي تعمل على تنظيم رذاذات المحلول بشكل متساوي على السطح ، كما أ ا تمنع تجمع أو سيلان المحلول الكيميائي على السطح .

5- تقنية التلوين الكيميائي باستخدام المعاجين Applied Pastes :

أكد ريتشارد هوجس وميشال رو Richard Hughes & Michal Row (1995م) أنه يمكن استخدام مواد كيميائية بطريقة تقليديـة لتلـوين الأعمـال البرونزيـة , وتعتـبر الـسلفيدات Sulphides من أكثر المعاجين استخداماً للحصول على تشطيبات ذات لون برونزي وينتج عنـها ألواناً أكثر ثباتاً ، حيث يخلط المعجون حتى يصل إلى تركيبة سميكة ذات قـوام كريمـي ، ثم يـدهن بالفرشاة على سطح العمل ، ويترك لعدة دقائق ثم تكشط البقايا عن طريق فرشاة خشنة مـن شـعر الخ ير أو من النايلون أو غيره ، التي تغمر عدة مرات في خليط مكونات جافة مـن المعجـون عـدة مرات ، وهكذا حتى جفاف السطح تماماً أثناء العمل حيث يلاحظ أنه عند إزالة المعجـون الزائـد في البداية يتكون اللون بصعوبة على سطح المعدن ولكن الصقل الزائد بالفرشاة المحملة بـالبودرة الجافـة سرعان ما يساعد على ظهور اللون .

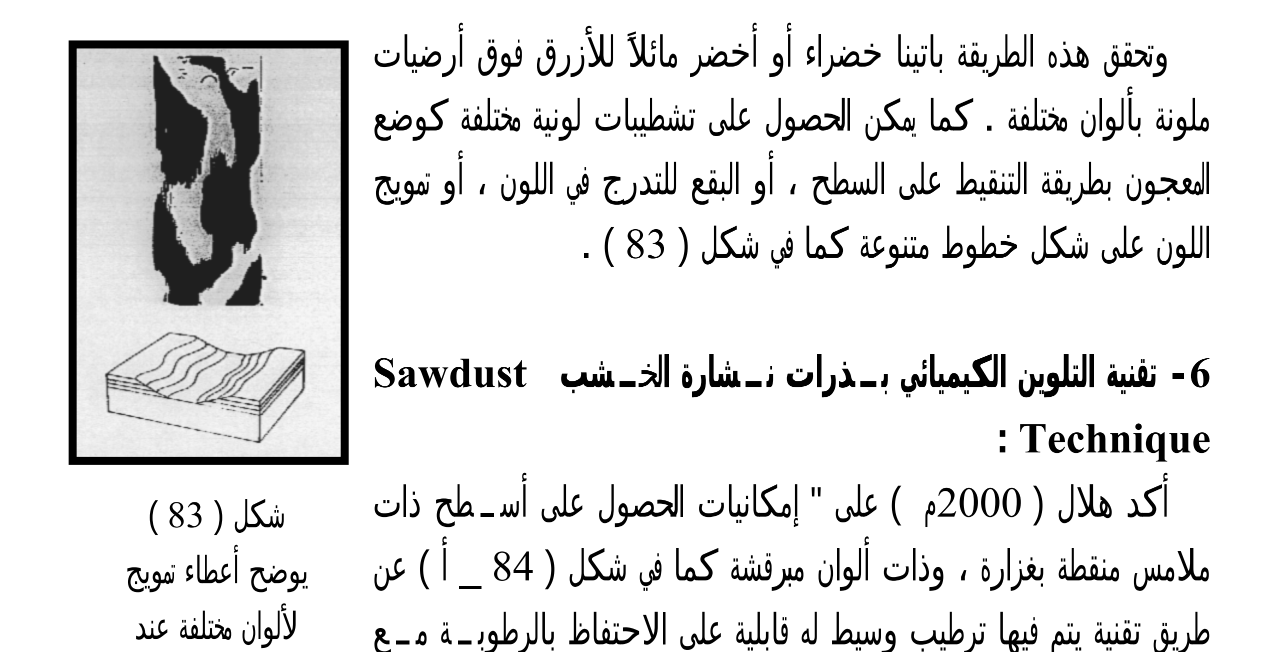
كما أن استعمال المعاجين البرونزية التجارية والتي تحتوي على مجموعة من الألوان البرونزية تعطـي نتائج لتشطيبات جيدة . أما باقي المعاجين فلها ألوان مختلفة مابين اللـون الأخـضر والأزرق المائـل للأخضر . وتحضر تلك المعاجين بطحن المواد الصلبة ناعماً ثم إضافة كمية صغيرة من المـاء للحـصول على معجون ذي كثافة (قوام كريمي) .

وعـرض ريتـشارد هـوجس وميـشال رو Richard Hughes & Michal Row (1995م) طريقتين أساسيتين للحصول على نتائج :

أ- يمكن استخدام المعجون بطريقة اقتصادية عن طريق المسح بقطعة قماش ناعمة وتركـة ليجـف . وتكرر هذه العملية عدة مرات حسب الضرورة حتى يتم تكّون الطبقة اللونية المطلوبة علـى الـسطح المعدني ، ويعتمد عمق اللون ودرجة ثباته وجودته على زمن المعالجة .

ب- يمكن استخدام المعجون بطريقة سميكة عن طريق الفرشاة وتركة ليجف تماماً ، أما المعجون الزائد والمتبقي على السطح فيمكن إزالته بالشطف بماء بارد ، كاشفاً عن اللون الموجود تحتة والنـاتج عـن التفاعل بين المعجون وسطح المعدن .

وتحقق هذه الطريقة باتينا خضراء أو أخضر مائلاً للأزرق فوق أرضيات ملونة بألوان مختلفة . كما يمكن الحصول على تشطيبات لونية مختلفة كوضع المعجون بطريقة التنقيط على السطح ، أو البقع للتدرج في اللون ، أو تمويج اللون على شكل خطوط متنوعة كما في شكل (83) .



شكل (83)
يوضح أعطاء تمويج لألوان مختلفة عند كشف الطبقات المتتباعة في التلوين بأستخدام المعاجين (هلال ، 2000م صـ 10)

6- تقنية التلوين الكيميائي بـذرات نـشارة الخـشب Sawdust Technique :

أكد هلال (2000م) على " إمكانيات الحصول على أسـطح ذات ملامس منقطة بغزارة ، وذات ألوان مبرقشة كما في شكل (84 _ أ) عن طريق تقنية يتم فيها ترطيب وسيط له قابلية على الاحتفاظ بالرطوبـة مـع محلول التلوين الكيميائي ، ويتركان معاً في حالة اتصال وسـائط تحـتفظ بالرطوبة يمكن استخدامها فإن ذرات نشارة الخشب وجد أ ا ذات تـأثير خاص " (صـ 11) .

وتحضر المادة الوسيطة (نشارة الخشب) بترطيبها بداخل إناء بلاستيكي بوضع نشارة الخشب فيـه ثم إضـافة المحلول إليه تدريجياً وخلطهـا باليـد* ويجب أن تكون المادة الوسيطة علـى درجة كبيرة من الرطوبة ممـا يـسمح بتكوين تراكمات أو تجمعـات مـن السائل فوق سطح القطعـة كمـا في شكل (84 _ ب) إمـا بالخـدش الجزئي أو الكلي للسطح أو بإحـداث تأثير لوني دون خدش السطح المعدني .

(ب) (أ)

شكل (84)
يوضح طريقة التلوين بذرات نشارة الخشب ، وتأثير ذرات النشارة

* يجب ارتداء قفازات يدوية عند إجراء تلك العملية .

7- تقنية التلوين الكيميائي بالمواد المنطبعة (القطـن والـصوف والقمـاش) Appressed : Matewials

يؤكد هلال (2000م) على إمكانية إحداث تأثيرات لونيـة على السطح باستخدام تقنية تختلف الوسائط فيها عن ذرات نشارة الخشب ، كإضافة شرائط من القماش أو الصوف أو القطن والـتي تحتفظ بطبقة رقيقة من المحلول تعمل على إحداث تأثيرات مختلفـة على السطح المعدني حسب نوع المادة الوسيطة المستخدمة ، ودقـة النسيج ، وذلك باستخدام فرشاة ذات شعر قوي كمـا في شـكل (85) ويتم فيها تغطية كامل السطح المراد تبتينه بتلـك القطـع الصغيرة المبللة بالمحلول الكيميائي .

شكل (85)
يوضح شرائط من القماش تبلل بالمحلول في مكا ا على سطح العمل باستخدام الفرشاة
(هلال ، 2000م ، صـ 13)

الأكاسيد التي يمكن استخدامها في عملية التلوين الكيميائي :

اتفقت زينب منصور (1990م) مع ما ذكره شوشان (1988م) وقـدال (1998م) مـن تراكيب مختلفة يمكن تطبيقها على سطح البرونز ، يعطي كل منها نتيجة تختلف عن المحاليـل الأخـرى وفيما يلي ذكر تركيبة بعض تلك الألوان (الأكاسيد) ودرجا ا اللونية على حسب درجـة اللـون المطلوب تحقيقها على العمل البرونزي والتي تناولها قدال (1998م) حيث أن كل تركيبـة سـيتم عرضها فيما بعد تعطي درجة لون محددة كالتالي :

اللون الأخضر الفاتح (التفاحي) Apple Green :

المكونات	النسبة
أمونيا Ammonia	4 أوقية سائلة
كلوريد الصوديوم Sodim	5 أوقية
كلوريـد الألومنيـوم Ammonium Choloride	5 أوقية
حامض الخليك Acetic Acid	4/1 جالون

اللون الأخضر العتيق Antique Green :

النسبة	المكونات
3 أوقية	سلفات النحاس الأحمر Copper Sulphate
2/1 أوقية	كلوريـ ـد الألومنيـ ـوم Ammonium Choloride
4/1 جالون	ماء Water

بعد استخدام هذه التركيبة يجب غسل القطعة البرونزية بالماء البارد أولاً ثم بالماء الساخن ، ثم تجفف .

اللون الأخضر القديم Ancient Green :

النسبة	المكونات
1 جزء	كلوريـ ـد الألومنيـ ـوم Ammonium Choloride
3 أجزاء	كلوريد الصوديوم Sodim
3 أجزاء	كريم الطرطرات Cream Tartar
8 أجزاء	تنرات النحاس الأحمر Copper Nitrate
13 جزء	ماء Water

اللون الأخضر المصفر Yellow Green :

النسبة	المكونات
15 أوقية	كلوريـ ـد الألومنيـ ـوم Ammonium Choloride
8 أوقية	خلات النحاس الأحمر Copper Acetate
4/1 جالون	ماء Water

اللون الأخضر المزرق Blue Green :

النسبة	المكونات
4/1 أوقية	ثيوسلفات الصوديوم

Sodium Thiosulphate	
خلات النحاس الأحمر Copper Acetate	8 أوقية
ماء Water	4/1 جالون

كما أضاف شوشان (1988م) **تركيبة أخرى مختلفة عن التركيبات السابقة للـون الأخـضر والتدرج منه للأفتح أو الأغمق** عن طريق زيادة ملح أمونياك (النشادر) ، وسلفات (كبريتـات) النحاس بنسبة قليلة للحصول على اللون الأخضر الغامق ، أما عنـد حـذف نـسبة مـن سـلفات (كبريتات) النحاس ، وحمض الأوكساليك نحصل على اللون **الأخضر الفاتح** . إلا أن تلك العمليـة تحتاج إلى الدقة والملاحظة . وفيما يلي ذكر تلك التركيبة كالتالي :

المكونات	النسبة
ملح أمونياك Sal-Ammoniac	50 جرام
نترات النحاس Copper Nitrate	50 جرام
سلفات النحاس Copper Sulphate	10 جرام
كلوريد الكالسيوم Calcium Choride	20 جرام
حمض الأوكساليك Oxalic Acid	10 جرام

وللحصول على **اللون البني** ذكر قدال (1998م) وشوشان (1988م) التركيبات التالية :

اللون البني : ذكرها قدال (1998م) كالتالي :

المكونات	النسبة
كربونات الألومنيوم Ammonium Car	3 أجزاء
خلات النحاس الأحمر Copper Acetate	1 جزء
كلوريد الصوديوم (ملـح عـادي) Sodium Chloride	1 جزء
حامض الطرطريك في الخل Tartaaic Acid In Vinegar	1 جزء

اللون البني المصفر : ذكر قدال (1998م) إمكانية الحصول على ذلك اللون كالتالي :

المكونات	النسبة
أمونيا (نشادر) Ammonia	2 أوقية
كبريتيد الباريوم Barium	1 أوقية
كبريتيد البوتاسيوم Potassium	4/3 أوقية
ماء Water	3 إلى 5 جالون

اللون البني الغامق : ذكرها شوشان (1988م) كالتالي :

المكونات	النسبة
ملح أمونياك Sal-Ammoniac	2/1 أوقية
سلفات النحاس Copper Sulphate	1 أوقية
أكسيد النحاس	1 أوقية

اللون البني المائل إلى الأسود : ذكر قدال (1998م) مكوناته كالتالي :

المكونات	النسبة
بوتاسيوم أو كبريتيد الألومنيوم – Potassium Ammonium Salphide	1 أوقية
ماء Water	8/1 جالون

يستخدم المحلول بارداً .

اللون الأسود : ذكر قدال (1998م) تركيبتة كالتالي :

المكونات	النسبة
كلوريد الصوديوم Sodium	10 أجزاء
فـوق سـلفات البوتاسـيوم Potassium Persulphate	10 أجزاء
صوا كاوية Caustic Soda	5 أجزاء
ماء Water	75 جزء

اللون الرمادي الغامق : ذكر تركيبتها شوشان (1988م) كالتالي :

المكونات	النسبة
سلفات النحاس Copper Sulphate	1 أوقية
أكسيد النحاس	1 أوقية
ماء Water	200 $سم^3$

اللون الرمادي الفاتح : ذكر تركيبتها شوشان (1988م) كالتالي :

المكونات	النسبة
سلفات النحاس Copper Sulphate	1 أوقية
ملح عادي	2/1 أوقية
ماء Water	200 $سم^3$

اللون الأزرق المائل إلى الأسود (الغامق) :

أ- التركيبة الأولى : ذكر مكونا ا قدال (1998م) كالتالي :

المكونات	النسبة
سـلفات الألومنيـوم Ammonium Sulphate	1 أوقية
ماء Water	4/1 جالون

يستخدم المحلول بارداً .

ب- التركيبة الثانية : ذكر مكونا ا شوشان (1988م) كالتالي :

المكونات	النسبة
جير حي	2 أوقية
مسحوق الكبريت	2/1 أوقية

*** ملاحظة**

جميع المخاليط السابق ذكرها يمكن تطبيقها على أي تقنية من تقنيات التلوين الكيميـائي الـسابق عرضها .

ويجب مراعاة عدة نقاط قبل تنفيذ عملية البتين على سطح المشغولة المعدنية وهي :

1- التأكد من التنظيف الجيد للمشغولة المعدنية للتخلص من المواد الدهنية وآثارها ، أو من الأكاسـيد (لاعطاء اللون المطلوب) .

2- جفاف المشغولة المعدنية .

3- الامتزاج الجيد لجميع العناصر التي يتكون منها محلول الأكسدة .

4- يجب مراعاة درجة حرارة تلك المحاليل لتعطي أفضل النتائج .

5- بعد وضع أو تبتين المشغولات المعدنية يجب عدم لمسها لفترة حتى جفافها تماماً .

6- يستحسن عزل القطع المبتنة بمادة عازلة كالشمع المخلوط بالب ين .

7- يراعى استخدام أوعية زجاجية في عملية التلوين أو المصنوعة من البلاستيك حتى لا تتفاعـل مـع تلك المحاليل .

8- يحذر من استخدام الأدوات الحديدية .

عزل أسطح الأعمال المعدنية :

يمكن إجراء عمليات وقائية للسطح بعد إتمام عملية تلوينه ، وذلك لتثبيت درجات تلـك الألـوان " الباتينا " ، أو حماية أسطح الأعمال المصقولة من أثر العوامل الجوية المختلفة . وقد اتفق الباحثون على عدة مواد يمكن استخدامها كمادة عازلة تحافظ على ما انتهي إليه الفنان بدقة لا تسمح بأي تـشوه أو تغيير في اللون أو الصقل ، اثر احتباس جزيئات من الرطوبة على السطح فتعمل على تأكسده أو تأكله أو تلوثه بالأتربة أو غيرها ، وتلك المواد هي الشمع ، والورنيش أو الصمغ ، ومادة ب وتريازول .

إلا أنه يراعى قبل دهن تلك المادة العازلة على سطح العمل تنظيفة جيداً وغسلة بالكحول من اثـر المواد الدهنية ثم تجفيفه . وفيما يلي يتم عرض **طريقة استخدام تلك المواد العازلة** كما تناولها هـلال (2000م) وريتـشارد هـوجس وميـشال رو Richard Hughes & Michal Row (1995م) :

1- عزل السطح باستخدام الشمع : يذكر هلال (2000م) أنه يمكن استخدام شمع النحل Bees Wax في عزل السطح المعدني عن أثر العوامل الطبيعية ، كما إنه يعمل على استحضار اللون الكامـل " للبتاينا " ، ويتم ذلك بخلط سائل الشمع بقليل من التربنتينا المقطرة Turpentine ، ثم دهنه علـى

سطح العمل باستخدام قطعة قماش ناعمة أو فرشاة (في حالة الأسطح ذات الملامس) واتباع هذا الإجراء نحصل على نتائج جيدة التشطيب اللأعمال المعدنية .

ويضيف ريتشارد هوجس وميشال رو Richard Hughes & Michal Row (1995م) أنواعاً أخرى من الشمع يمكن استخدامها لنفس هذا الغرض (العزل) وبنفس الطريقة السابقة ، حيث منها " المستحضرا ت التجارية لشمع كارنوبا Carnauba Wax الذي يمكن استخدامه بواسطة قطعة قماش ، حيث يتصلب بطريقة ملحوظة عندما يجف لبعض الوقت . ومن الشموع التي أنتجت حديثاً السيليكون Silicon Polymer Wax ويعتبر أكثر مناسبة للقطع التي تتعرض للاستعمال اليدوي باستمرار ، حيث أنتج لحماية الأسطح الملونة لفترة طويلة " (ص 45) .

ويمكن الحفاظ على التشطيب بالشمع عن طريق صقل السطح بقطعة قماش ناعمة مع إضافة قليل من الشمع من وقتٍ لآخر حسب الضرورة .

2- عزل السطح باستخدام الورنيش أو الصمغ : اتفق قدال (1998م) مع نادية جاد (1968م) على أن " دهان سطح المعدن بالورنيش إجراء وقائي لأنه يفيد في منع تأكسد أو تآكل السطح وما ينتج عنه من خسارة في التشطيب والصقل واللون الخاص بالمعدن أو السبيكة " (قدال ، ص 294) .

وأضافت ناديه جاد (1968م) أنه يمكن تغطية سطح العمل بالورنيش أو الصمغ بعدة طرق فهي إما أن تتم بواسطة الدهن بالفرشاة ، أو الغمس ، أو الرش ، أو الدك (المسح) , ويتم ذلك باستخدام إحدى الطريقتين :

أولاً / الورنشة على البارد : وتحتاج إلى خبرة في هذا ا ال ، حيث يجب وضع طبقة الورنيش بالتساوي على سطح المعدن النظيف والبارد بفرشاة ناعمة وعريضة .

ثانياً / الورنشة على الساخن : وفيها يتم تسخين الشكل المعدني بواسطة لهب (بوري) تدفئة متوسطة ، ثم يوضع الورنيش على السطح بسرعة ، وبعد ذلك تترك القطعة البرونزية لتبرد ببطء .

ويضيف ريتشارد هوجس وميشال رو Richard Hughes & Michal Row (1995م) إنه يمكن استخدام

الورنيش ذي القاعدة الطبيعية من الصمغ خاصة في الصقل النهائي للقطـع البرونزيـة الكبيرة ، وهناك الصمغ الذي يجف هوائياً والذي أنتج حديثاً من قاعـدة نيتروسـيلوزية Nitro– Cellulose أو مع مجموعة كبيرة من الإضافات يمكن من خلالها الحـصول على تشطيبات أكثر بقاء وأكثر قوة ، مثل الصمغ ذي القاعدة مـن مجموعـة الأصـماغ الحساسة مثل يورياUrea ، والفورملهيد Formaldheyde ، وفورمالدهيد الميلامين Melamine ، والإكريلك Acrylic ، وراتنج الأيبوكسي Epoxy وهذه التركيبة يمكن تدفئتها عند درجات حرارة مختلفه وطريقة الاستخدام تكون حساسة لبعض العناصر مثل التراب ودرجة الحرارة ودرجة الرطوبة وهي عناصر تحتاج إلى التحكم فيها بعناية مـن أجل الحصول على تشطيبات جيدة (صـ 45-46) .

كما ذكر هلال (2000م) مادة البولي بولرتيان Polyurethane والتي تستخدم كمادة عازلة بديلة على سطح المشغولة المعدنية . ويستخدم الورنيش غالباً لإنجاز التشطيبات ذات البريق العالي والتي قد تؤكد على بعض المناطق البارزة في المشغولة المعدنية . حيث يمكن تخفيف ذلك البريق أو الانعكـاس في مناطق أخرى منه ، بصقل السطح بعد ورنشته بقطعة قماش ناعمة ا قليل من الشمع بحركة دورانية خفيفة . إما في حالة وجود الباتينا على سطح المشغولة المعدنية فلا ضرورة إلى جعل السطح لامعاً .

وقد ذكر قدال **تركيبة مبسطة لتحضير الورنيش** كالتالي :

المكونات	النسبة
كحول Alcohol	4/1 جالون
جمالكة Shellc	1.5 أوقية
صمغ السندروسSandarac Gum	1 أوقية

3- عزل السطح باستخدام تركيبة ب وتريازول : تذكر باهرة القيـسي (1981م) أن تركيبـة ب وتريازول تستخدم كمادة عازلة قوية على سطح المشغولات المعدنية ، تمنع مـن تـسرب المـاء أو الرطوبة إلى السطح ، فتمنع من ثم تأكسده (تكّون طبقات الصدأ عليه) أو تآكله . وغالباً تتم عمليـة عزله بغمر القطعة المعدنية في محلول مكون من ب وتريازول مخلوطاً بالماء أو الكحول بنسبة 3% مـن محلول ب وتريازول Bezotriazole ، وذلك بعد تنظيف وتلميع سطح القطعة المعدنية .

• إجراءات الأمن والسلامة

عند القيام بتنفيذ مشغولة معدنية منفذة من البرونز أو غيره يجب أخذ الحيطة والحذر باتباع شـروط الأمن والسلامة ، منذ البدء بالتنفيذ إلى إ اء وتشطيب المسبوكة , وذلك لما تمر ا تلك المسبوكات من مراحل وعمليات سبق عرضها . فقد يتعرض الفرد خلالها إلى مشاكل أو يواجة صعوبات قد تؤثر على حياتة أو أعضائه عند التعامل معها باستهتار أو لا مبالاه ، فمثلاً عند صهر المعدن في البوتقة ثم رفعـه يلزم استعمال الملاقيط الخاصة برفع تلك البواتق ، أو عند صب المعدن في الدلاليك قد يحدث انفجـار مفاجئ أو كسر لذلك الدليك (القالب الحراري) ، مما يؤدي إلى سيلان المعدن المنصهر على أرضـية المسبك ، فإذا لم تكن الأرضية مفروشة بالباد أو مغطاة بالرمل ولم يكن العاملون في المسبك يرتـدون الملابس الخاصة بالعمل فنتج عن ذلك حروق بالغة تضرر منها العاملون . وفيما يلي عرض موجز لطرق الوقاية التي يجب الالتزام ا بحرص تلافياً لحدوث أي نتائج عكسية غير مرغوب فيها وقد اتفق الـشيخ (2000م) مع ستيف هورست Steve Hurst (1996م) على ذكرها كالتالي :

1- استخدام القناع الواقي لحماية الوجة والعينين من أثر الحرارة ، أو المواد الكيميائية ، أو الاشـاعات أو الصدمات ، وحماية الفم والأنف من استنشاق الأبخرة السامة أو الضارة بصحة الجسم . والأقنعة لها أربعة أنواع هي :

أ- قناع الوجة اللدائني : وهو الذي يحفظ الرأس من المواد المعدنيـة الساخنة .

ب- قناع الرأس والوجة المعدني : وهو الذي يحفظ الوجة والـرأس من المواد المعدنية الساخنة .

ج- القناع الواقي من اللحام : وهو الذي يحمي الوجة والجسم من الإشاعات الحرارية وشظايا اللحام .

د- القناع المكيف (المفلتر): وهو الذي يحمي الوجة والعينين مـن المواد الملوثة وأبخرة المـواد الكيميائيـة الـضارة كمـا يظهـر في شكل (86) .

شكل (86)
يوضح قناع لحماية الأنف والفم
مزود بفلترضد الأبخرة
(هلال ، 2000م ، صـ 9)

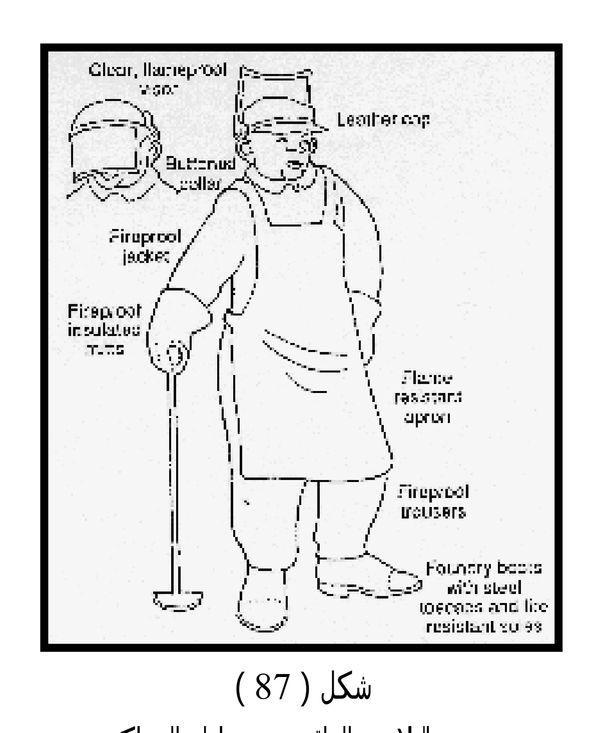
2- استخدام القفازات الواقية لليدين والأصابع من تعريضها للجروح أو الشدوخ أو الحروق أو المـواد السامة . وللقفازات ستة أنواع وهي كالتالي :

أ- قفازات ضد الحريق وتسمى قفازات كيلفر Klevar – Treated Gloves .

ب- قفازات ضد المعادن أو المناطق الحادة وتسمى Meta Mesh Gloves .
ج- قفازات مطاطية تستخدم للحماية من التيارات الكهربائية .
د- قفازات جلدية تستخدم للحماية من الحرارة أو عند حمل الأجسام الثقيلة المنقولة باليد .
هـ - القفازات القطنية ، وتستخدم للوقاية ضد الأوساخ ، أو عند تنفيذ النماذج .
و- القفازات الحرارية وتستخدم للوقاية من البرودة الشديدة أو الحرارة .

3- إرتداء أحذية السلامة لوقاية الرجلين والساقين والأصابع من مخاطر الحرارة والكهربـاء والمعـادان السائلة أو عند السير في الأماكن الحارة ومثل تلـك الأحذيـة Congress Or Qaiter type Shoes .

ومما سبق تتضح أهمية إرتداء الملابس النوذجية للوقاية كما في شكل (87) وهي بدلـة الورشـة (المريلة الجلدية ، أحذية السلامة ، القفازات ، الأقنعة ، والنظارات) ويتضح أن لكل منها وقاية مـن أخطار مختلفة سبق ذكرها . كما يجب أخذ الاحتياطات اللازمة للاسعافات الأولية في حالة حـدوث أمور طارئة لا سمح الله .



شكل (87)
يوضح الملابس الواقية ضد مخاطر السباكة
(ستيف هورست Steve Hurst ، 1996م ، صـ 110)

الفصل الثالث

أولاً : تحليل أعمال مجموعة من الفنانين الأجانب والعرب

1- برانكوزي .
2- هنري مور .
3- جياكوميتي .
4- باولوزي .
5- سيزار .
6- بومادورو .
7- سامي محمد .
8- ضياء عزيز ضياء .
9- حامد جبريل سعد .
10- جواد سليم .

ثانياً : التجربة التطبيقية للباحثة

أولاً : تحليل أعمال مجموعة من الفنانين الأجانب العرب

تمهيد :

في هذا الفصل من البحث يتم تحليل بعض الأعمال الفنية البرونزية المختارة ، والتي قـام بتنفيـذها مجموعة من الفنانين الأجانب وهم (برانكوزي ، وهنري مور ، وجياكوميتي ، وباولوزي ، وسـيزار وبومادورو) والفنانيين العرب وهم (سامي محمد ، وضياء عزيز ضياء ، وحامدجبريل سعد ، وجواد سليم) والتي استخدم لتنفيذها إما تقنية سباكة الرمل ، أو تقنية سباكة الشمع المفقود .

ثم من خلال تقنيات السباكة التي تم التعرف على معطيا ا في المبحث الثالث من الفصل الثاني ، ومن تحليل تلك ا موعة الفنية للأعمال البرونزية ، تم الاستفاده منها لاجراء التجربة الشخصية التي تمت من قبل الباحثة بخام البرونز كسبيكة أساسية لتنفيذها ، وتم اختيارها لما لها من صفات ومميزات خاصة تميزها عن غيرها من السبائك الأخرى ، كما يرتكز عليها بعض الجوانب الفنية والجمالية والتقنية المشتركة بين تلك الأعمال ، والتي يتضح من خلالها قوة التعبير الفني التي أدت إلى الإرتقاء ـا كخامـة مناسـبة تستخدم لأي زمان ومكان ، وتبين مدى ملائمتها لتطبيق أيٍّ من الأساليب والتقنيات المتبعة لإخـراج العمل المسبوك بصورة مناسبة للعمل ذاته .

1- الفنان كونستانتين برانكوزي (Brancousi) :

ذكر سعد (1980م) أن الفنان برانكوزي يعد أحد رواد فن النحت الحديث في القرن العـشرين الذين أنجبتهم رومانيا ، ولد عام 1876م ، وتوفي عام 1957م ، درس فن النحت في باريس وبـرع فية حتى أصبح أحد أهم الشخصيات الفنية المميزة في اتجاهه المستمر نحو التجريد ، فقد تأثر بالنحـت الزنجي والروماني ، كما تأثر بوالده الذي كان بارعاً في نحت الخشب ، إضافةً إلى تأثرة بأستاذه رودان في الدراسة . فكان يميل بدايةً إلى الدراسة التشريحية لجسم الإنسان ، حيث وصل في ذلك إلى قدرٍ كبير من البراعة والإتقان ، فتوغل من خلال ذلك إلى جوهر الأشياء ممثلها في أشكال هندسـية وبيـضاوية وخطوط نقية تجريدية ، ذات دلالات رمزية وتعبيرية مبتكرة ، فكان أسلوبه تجريدياً متأثراً بإحـساس الكتل الثلجية ذات الانعكاس العالي للضوء حيث وجد ذلك التأثير في المعدن الذي أبرزه مـن خـلال التوازن الصحيح بين الظل والنور لاحداث التباينات في العمل الواحد والتأكيد على كتلة وحجم العمل البرونزي وتحقيقاً لغايته اتجة إلى البرونز الخام التي وجد فيها مطلبه . ويؤكد ذلك سعد (1980م) عن هنري مور قوله بأن برانكوزي " أدرك أن المعدن يمكّنه من تحقيق هدفه بقابليته للصقل والتلميع فتظهر حيويته التي تشعرنا وكأ ا تنبثق من صميم العمل ذاته " (صـ 154) .

وهذا ما نستشفه بالفعل من خلال أعماله البرونزية التي وصلت إلى قمة التعبير ، عن طريق الـ صقل الشديد والتي ظهر فيها بوضوح قوة المعالجة في الانعكاسات المنبعثة عن الشكل ، نتيجة المصدر الضوئي من جانب ، وانعكاس الأشكال المحيطة من جانب آخر ، حيث بدت أعماله كمرآة تعكس ماحولها . إضافةً إلى إنعكاس قاعدة الشكل داخل حجمه أي كتلة العمل ، فأصبحت وحدة متكاملة مع العمـ ـل ذاته ، وفي نفس الوقت تنعكس كتلة العمل على سطح القاعدة المحمول عليها العمل الفني البرونزي .

هذا ويؤكد الكثير من الفنانين أن الفنان برانكوزي يميل إلى التفكير الفردي والاسـ ـتقلالية ، وأنـ ـه يسعى دائماً لتحقيق الكمال في السطوح كخاصية مميزة لاسلوبه وتظهر تلك الخصائص المميزة لفنه في مجموعة أعماله البرونزية الظاهرة في شكل (88 , 89 , 90 , 91) والتي سيتم تحليل عملين منها .



شكل (88)

يوضح مجسم برونزي

أطلق علية " الديك "

http://translate.google.com/translate?hl=en&sl=fr&u=http://ecole.inr.free.fr/philatelie/brancusi.html&prev=/sear3%Fq3%chDBRANCOUSI%Den3%hl26%26%D3%lr26Dactive3%safe



شكل (89)

يوضح مجسم برونزي

أطلق علية " البورترية "

http://www.bucovine.com/fr/pages/culture/constantin_brancousi.shtml

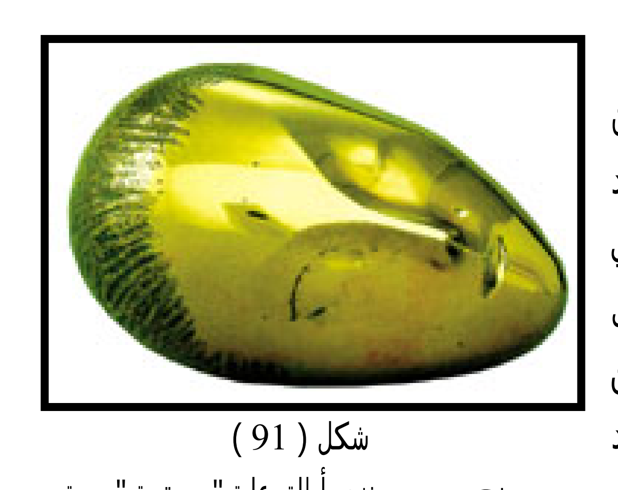
تحليل العمل البرونزي الأول :



شكل (90)
يوضح مجسم برونزي أطلق علية " طائر في الفضاء "
http://topart2000.blogspot.com/2005/08/12.html

شكل (90) أطلق على ذلك العمل البرونزي " طائر الفضاء " نفذه الفنان برانكوزي من خامة البرونز ، بتقنية سباكة الشمع المفقود . ويأخذ ذلك العمل الوضع الطولي الذي يمثل جناح طائر مجرد مـن التفاصيل وقاعدة العمل تبدو وكأ ا مستديرة وهي متناغمة تماماً مع روح العمل . ويظهر واضحاً الصقل والتنعيم الشديد الـذي أذاب مادية الشكل في لمعة البرونز المنعكس ، التي أوحت بالحس الجمـالي والحركي رغم البساطة في التشكيل وسكونه وثباته . إلا أنـه آثـار العواطف والأحاسيس حيث استهدف من ورئه إبراز الجانب المناقض للغموض والغرابة ، وأثار في النفس الكثير من الأحاسيس والـشجون التي بدت وكأن العمل يفرض نفسة علينا ويفسره ، كما أضافت كتلة ذلك العمل قوة مؤكدة لمضمو ا تشعرنا بالصعود والتحليق والارتقاء وخفة الشكل وانطلاقه . ويبدو أن الفنان حقق القيم الحسية والجمالية والتشكيلية المتمثلة في الاتـزان والوحدة والتناغم والانسيابية التامة في العمل التي نسقت تدريجياً بانتهاء كتلة العمل وتضافرها مع المحيط من حولها ، وذلك أتمه من خلال تلك التباينات بين الظل والنور وسطوع العمل وتلألئه عند سـقوط الضوء المباشر عليه ، وإختلاف ذلك السطوع والتباينات حسب نسبة زاوية وقوع الضوء عليه . كمـا يعتبر الفراغ المحيط بالعمل جزءاً منه وذلك نتيجة تلك الانعكاسات .

تحليل العمل البرونزي الثاني :



شكل (91)
يوضح مجسم برونزي أطلق علية " بورترية " وجة
http://cgi.ebay.com/france-2006-art-sculture-joint-issue-romania-brancousi_W0QQitemZ150043674369QQihZ005QQcategoryZ139786QQcmdZViewItem#ShippingPayment

شكل (91) يمثل بورتريـة نفـذه الفنـان برانكوزي بخامة البرونز بتقنية سباكة الشمع المفقود ويظهر أن العمل كتله واحدة تمثل الوجة الإنـساني في الوضع الأفقي . فقد اهتم بعض الشيء بتشكيل تفاصيل الوجه من الجبهة والأنف والفم والعيـنين والشعر ، ويظهر إن تلك التفاصيل تأكـدت بعـد صقل وتلميع الكتلة البرونزية , وربما تم تلوين بعض الأجزاء أو المناطق في الوجة تحقيقاً للقيمة الـشكلية

الطبيعية كمنطقة الشعر والحاجب ، وفي المناطق الغائرة كفتحة الأنف والفم ، أما باقي أجزاء العمـل فتركت بلون البرونز المسبوك مع صقله الشديد . ومن خلاله تحققت كتلة العمل عن طريق التباين بين مناطق الظل والضوء والانعكاسات التي يحققها العمل عن الفراغ المحيط به ، ومدى ما تثيره من معـان ودلالات ضمنية تفصح عن ذات العمل وتفسره ، كما أ ا تحقق القيمة التشكيلية والفنية إلى جانـب تلك القيم التعبيرية ، ويشعرنا ذلك العمل بالسكون المتمثل في غمضة العينين التي قد تكون في حالة من التأمل أو التفكير أو الحلم أو الاسترخاء أو النوم ، وملامحه البسيطة والهادئة أوحت بسكون وصـمت وفي جملة من تلك التعبيرات انبثقت عنها أحاسيس غامضة ، حركتها الإنعكاسات والأضـواء الهادئـة نحوها . كما تشعر المشاهد لها بأنه جزء داخل العمل ويرى نفسه فيه .

ومن خلال ذلك تتضح رؤية الفنان للعالم المحيط به ومدى تأثره بالتكنولوجيا في تجديدها وسـيرها نحو التقدم . وذلك هو الأسلوب الذي ميز الفنان برانكوزي حيث استطاع الاستفادة من خامة البرونز التي حقق خاصيتها المعدنية المميزة في الصقل الشديد والتنعيم والتلميع ، كنوع يتأكد ا مضمون العمل الفني ذاته .

2- الفنان هنري مور (Hennery Moore) :

يعتبر الفنان هنري مور رائد فن التشكيل ا سم (فن النحت) في العصر الحديث في بريطاني وذكر حميـد خزعـل في مجلـة تـشكيلي (النحـت في العـصر الحـديث) www.altskeeiy.com.univers/scalipchar.html أن الفنان هنري مور يعد من أهم النحاتين حيث اعتبر الناقد الفني البريطاني هربرت ريد " أن الفن يقوم على أربعة أعمـدة " فيـدياس مايكل أنجلو ، رودان ، هنري مور ، ويضيف بعض الباحثين أسماء أخرى مثل برانكوزي وجياكوميتي .

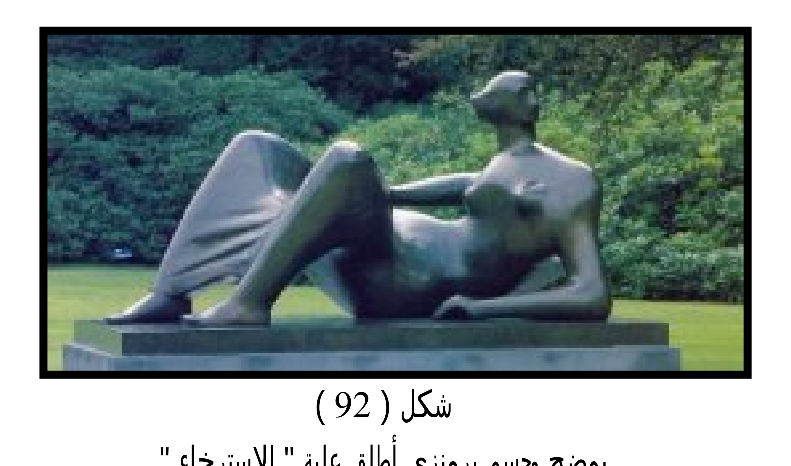
ولد هنري مور في كاستلفورد بإنجلترا عام 1898م ، وتوفي عام 1986م ، حيـث درس الفـن وتعلم أصوله في بلده إنجلترا وحصل أثناءها على منحة من الرويال كولدج (الكلية الملكية) للدراسة في باريس ، ومنذ عام 1928م بدأت شهرته تنتشر بين الإنجليز حين أقام أول معرض حين ذاك وأصـبح رمزاً للعالمية كفنان خرجت أعماله من المتحف إلى الهواء الطلق ليصبح مجالاً مفتوحاً لجميع المـشاهدين وكانت بداياته في مجال التشكيل ا سم مقتصرة على التشكيل بالطين ثم الرخام والحجر الطبيعي فكان هدفه من ذلك تحقيق القوة التعبيرية المتضمنة في تلك الخامة ، إلا أنه سرعان ما اتجة للبحث عن خامـة

تناسب إمكانياته التشكيلية حيث وجد في المعدن الخاصية الطبيعية المتمثلة في قوة تحمـلها وصـلابتها وصلادتها وإمكانياتها التشكيلية كالصب وخصائص أخرى عديدة استهوته .

ويؤكد ذلك قدال (1998م) عن هنري مور حين قال إنه لا بد للفنان أن يسيطر على الخامة التي يستخدمها ولا يبقى تحت رحمتها فقال : " هذا هو السبب الذي جعلني أتجـه إلى خامـة البرونـز في السنوات العشرة الأخيره حيث تمكنت من تنفيـذ أعمـال نحتيـة لم أسـتطع القيـام بهـا بخامـة الحجر " (صـ 300) .

فجعل من البرونز خامته الخاصة بتشكيله وتنفيذه للعديد من الأعمال الفنية المميزة منذ تلك الفتـرة حيث قاربت أعماله المجسمة تسعين عملاً كبيراً تقريباً ، أخذت مواقع متفرقة من المدن والعواصـم في قارات العالم . وتحتضن مدينة جدة أربعة أعمال للفنان هنري مور وهي **الشكل البيضاوي** (والـذي تقدر مساحة أبعاده الطول1.50 والعرض0.50م والأرتفاع 2.50م تقريباً) ، **وعصفوران** (تقـدر مساحة أبعاده الطول1.50م والعرض 1م والأرتفاع 2م تقريباً) ، **واستراحة** (وهو عبارة عن ثلاثـة مجسمات منفصلة عن بعضها البعض تبلغ أبعاد المجـسم الأول 0.70م الطـول و0.50م العـرض و 1.20م الأرتفاع وأبعاد المجسم الثاني 0.70م الطول و0.50م العرض و0.70م الأرتفاع أما أبعـاد المجسم الثالث فيبلغ الطول0.70م والعرض0.50م والأرتفاع 0.90م) ، **والتوازن الرأسي** (يقـدر أرتفاعه بحوالي 3م وقطرة 60 سم تقريباً) ، وأستخدم الفنان تقنية سباكة الشمع المفقود مـع تلـك الأعمال البرونزية المعروضة في متحف الفن العالمي (المفتوح) بجدة .

واتصفت غالبية أعماله تلك بالطابع التجريدي أو شبه الموضوعي ، كما إنه اهتم بالهيئة الإنسانية في تحقيق موضوعاته وتعبيراته بصورة مبسطة وإيقاع هادئ متزن . فهناك العديد من موضوعاته التي تمثـل الاسترخاء ، والأم والطفل والشكل الكبير الذي يحمي الشكل الصغير ، كما بين نوعية العلاقـة بـين الكبير والصغير ، وأهتم بتحقيق التنوع في ملامس السطح البرونزي بين الخشن الذي يبدو كأنه سـطح صخر سبب نقرته الأمطار ، أو الملمس المعدني اللامع والناعم المصقول عندما تقتضي الضرورة ذلك أو ملامس أخرى ناتجة عن التبتين (التلوين) الكيميائي والمنفذة على بعض الأجزاء من العمل البرونـزي المجسم . ويتبين ذلك في مجموعة من أعماله المعروضة في شكل (92 , 93 ، 94 ، 95) والتي تميزت بالحس التجريدي ، وشمولية الفكرة وبساطة التعبير ، وتوازن الكتلة في الفـراغ ، وليونـة الخطـوط وإنسيابيتها وشفافية التكوين --- إلخ ، وفيما يلي يتم تحليل عملان من ضمن مجموعة تلك الأعمال .



شكل (92)

يوضح مجسم برونزي أطلق علية " الاسترخاء "

http://www.tehranmoca.com/cgibin/tmcasrv.exe
?filename=SCULPTURE&item=MOORE



شكل (93)

يوضح مجسم برونزي أطلق علية " عصفوران "

المتحف المفتوح بكورنيش جدة (تصوير الباحثة)

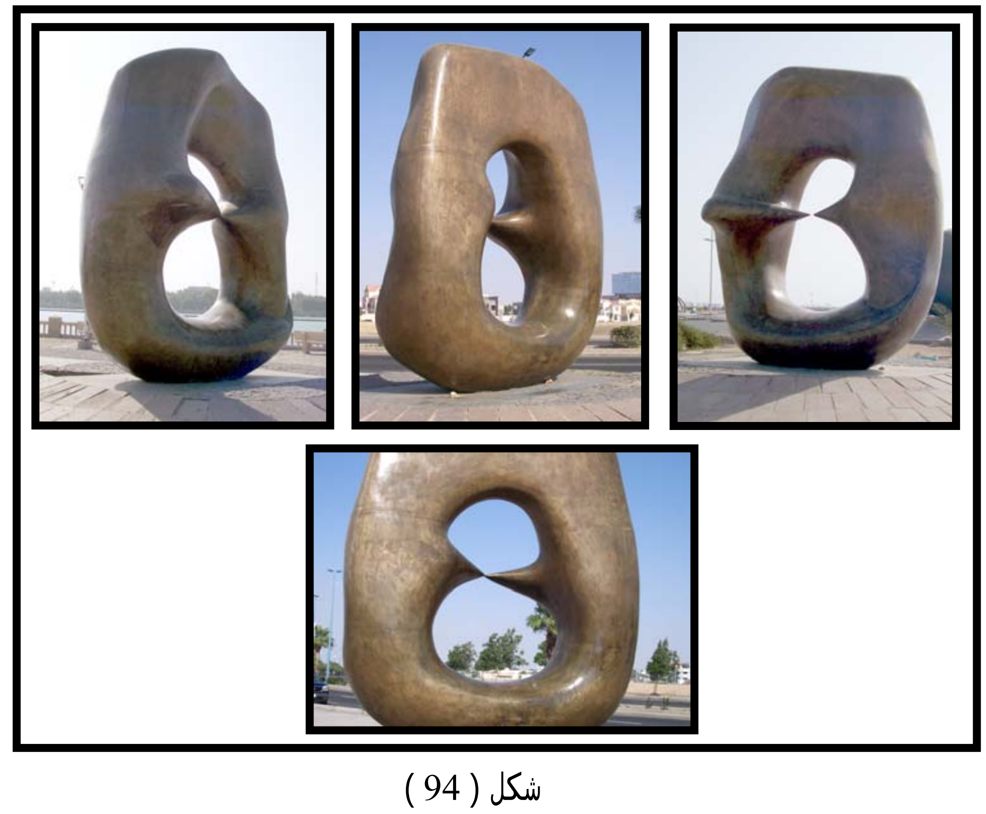
تحليل العمل البرونزي الأول :

شكل (94) أطلق على ذلك العمل اسم " الشكل البيضاوي " نفذه الفنان هنري مور في خامـة البرونز بتقنية سباكة الشمع المفقود ، وهذا العمل أحد أعمال الفنان الموجودة في المتحف العالمي الحديث (المفتوح) على كورنيش ساحل البحر الأحمر بجدة .

يأخذ ذلك العمل " الشكل البيضاوي " مساحة هندسية بيضاوية ، في وضعها الطـولي العـامودي ويبدو الشكل وكأنه قسم إلى مساحتين من الداخل تشكلان الفراغ المفتوح " علوي وسفلي " ، وتظهر

مساحة الكتلة الفراغية السفلى أكبر حجماً من المساحة أو الفراغ الداخلى العلوي وكأن تلك المساحة الفراغية الداخلية تمثل رقم 8 بالإنجليزية ، ويحيطها البرونز من الخارج . كما نلاحظ إسـتقرار الكتلـة الضخمة على الأرض في وضع متزن ، ويظهر واضحاً إهتمام هنري مور بضخامة الكتلة لفتـاً لانتبـاه المشاهد ، حيث ينساب فيها الخط الكنتوري المستمر في استقامة على إمتداد العمل ، ومن ثم ينحني في رشاقة تامة وليونة واستمرارية ، تنقله بين أجزاء الشكل الخارجي " للشكل البيضاوي " وتتكرر العملية نفسها لاستكمال الخط الداخلى الذي يمثل الفراغ بنفس أسلوب حركة ورشاقة الخط . إلا أننا نلاحظ كسره لذلك الروتين بالخط الحاد المنساب بين الفراغين وكأنه سوف يربط الخط الداخلى الأيمـن مـع الخط الداخلى الأيسر والذي كان سيمثل دائرتين منغلقتين . إلا أن الفنان أراد فقط الاشارة بالخط الحاد من الجزء الأيمن إلى الأيسر وتركها دائرتين مفتوحة عند نقطة . ويتبين الصراع الذي يعيـشه الفنـان للقضاء على مساحة الكتلة الفراغية المحيطة بالعمل البرونزي ، واتضح ذلك من خلال تضخيمه لكتلـة العمل ، ثم حصره مساحتين داخليتين في العمل تمثل فراغين في وضع متناسق مع الكتلة الخارجية وكأن الفنان إيضاً أراد كسر كتلة العمل الضخمة والتخفيف من الإحساس بثقل العمل وحجمه .

ويبدو واضحاً أن ذلك العمل سبك مجزءاً على ثلاث قطع لحمت مع بعضها بعضاً بعد الإنتهاء من عملية السباكة ، كما يظهر أثر البتين على سطح الكتلة شبه اللامع وقد امتص جزءاً من الضوء النـاتج عن أشعة الشمس المتحركة مما أعطى إحساساً بالحركة والاستمرارية والتجديد على كتلة العمل .



شكل (94)

يوضح مجسم برونزي أطلق علية " الشكل البيضاوي "

المتحف المفتوح بكورنيش جدة (تصوير الباحثة)

تحليل العمل البرونزي الثاني :

شكل (95) أطلق على ذلك العمل اسم " استراحة " نفذه الفنان من خامة البرونز باستخدام تقنية سباكة الشمع المفقود ، وذلك العمل البرونزي معروض في المتحف المفتوح بمدينة جدة على ساحل كورنيش البحر الأحمر .

نفذ الفنان ا سم البرونزي على ثلاث قطع منفصلة عن بعضها ، ربما قصد من خلال تكوينه (العائلة) ، إذ إن القطعة الخلفية أكبر حجماً من القطعتين التي أمامه ، وتمثل هيئة إنسان قوي وصلب أوحي بسكو ا وصلابتها الاحساس بالكتلة الشبيهة بالصخر الذي أكدته الملامس السطحية للعمل والتي أعطت إحساس الكتله الصلبة الثابتة على سطح الأرض . ويأخذ ذلك العمل ملامس سطحية تشبه النقرات الطولية الناتجة عن تأثير الحرارة على سطح النموذج الشمعي أو كأ ا نتجت عن تأثير العوامل الجوية البحرية وأثرها على الصخور ، ويبدو أن مايميز كل قطعة من تلك القطع الثلاثة هو انفرادها بشكل ومساحة وملامس تميزها عن الأخرى ، مما يشعر المشاهد لها بالاستمرارية والتجديد وروح الحياة الذي فسره لنا تقابل تلك القطع مع بعضها بعضاً وقد بدت كأ ا في حوار مستمر تحكي إحداها للأخرى .

ويبدو واضحاً أثر البتين الطبيعي المتموج ما بين الأصفر الداكن إلى الأخضر الزيتوني إلى البني المحمر على سطح البرونزن وقد استقطب ذلك البتين الضوء الطبيعي الناتج عن الشمس المتحركة أشعتها على أجزاء العمل ، مما أدى إلى إلقاء ظلال كل قطعة على الأخرى . وأن ظهور ذلك التباين بين الظل والنور جعلها في وضع مترابط ومتناغم مع كتلة العمل البرونزي ، كما أن المساحة الفراغية المحيطه بالعمل متجانسة مع كتلة تلك القطع ومكملة للتصميم .





شكل (95)
يوضح مجسم برونزي أطلق علية " إستراحة "
المتحف المفتوح بكورنيش جدة (تصوير الباحثة)

3- الفنان البرتو جياكوميتي (Alberto Giacometti) :

الفنان جياكوميتي سويسري الأصل ، درس فن التـشكيل ا ـسم والنحـت في بـاريس عـام (1922م ـ 1925م) حيث يعد من أشهر النحاتين الذين استهو م الخامة المعدنية للتشكيل الفـني وذلك لإمكانيا ا الفنية والتشكيلية الخاصة ، فقد درس إمكانيات هذه الخامة من خصائص وأسـاليب تشكيلية متعددة . وتؤكد نعمت علام (1983م) بأن جياكوميتي استطاع " إختزال الشكل الآدمي حتى جعله يبدو كالرمز ، وتمكن بتصرفة الذكي من الوصول قبل زملائه إلى حلول لمشاكل فن النحت مثل العلاقة بين العمل الفني والفضاء المحيط به وذلك عن طريق الاتجاه التجريدي . مما جعـل أشـكاله المستطيلة أقرب إلى بقايا الهياكل الآدمية أو إلى المومياء " (صـ229) . ويضيف قدال (1998م) بأن جياكوميتي اهتم باعطاء أعماله الملامس المختلفة والتي يتم تنفيذها منذ البدء بتشكيل العمل سـواءً كان بخامة الشمع أو غيرها . ويتم ذلك إما بواسطة اليد أو الفرشاة أو تسييل الشمع على القمـاش أو أي خامة أخرى قابلة للاحتراق أثناء تحميص القالب الحراري . حيث تنقل هذه الملامس على المعـدن المصبوب في القالب الحراري (الدلاليك) .

ويظهر أسلوبه في مجموعة واسعة من أعماله البرونزية كمـا في شـكل (96 ، 97 ، 98 ، 99 ، 100) والتي تمثل جميعها أوضاعاً مختلفة للإنسان ، كما يتضح من خلالها ميل جياكوميتي إلى المبالغة في إطالة السيقان ، وإعطاء الأقدام حجماً أكبر من حجمها الطبيعي .



شكل (96)
يوضح مجسم برونزي



شكل (97)
يوضح مجسم برونزي



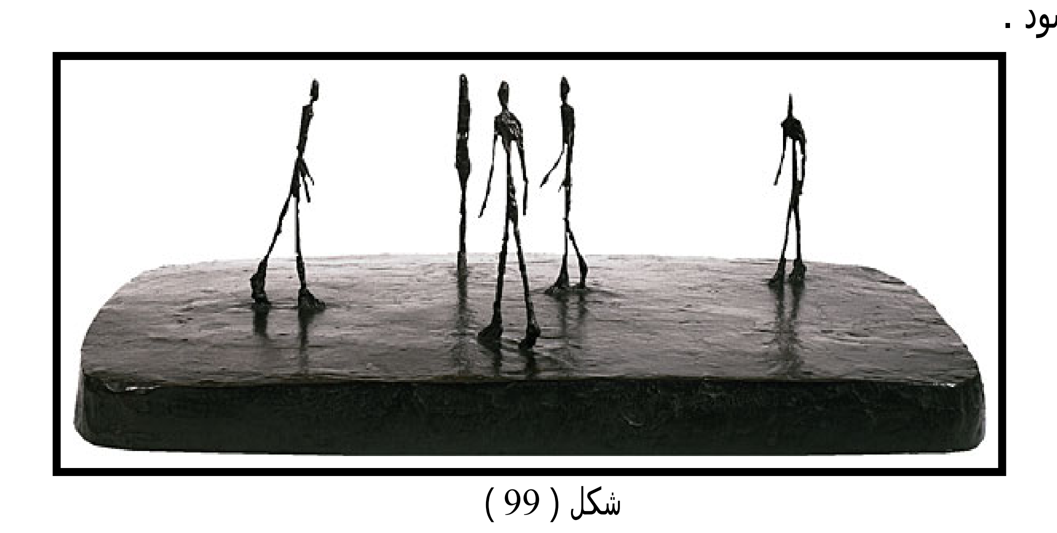
شكل (98)
يوضح مجسم برونزي

http://univers-art.arabfunart.com/scalipchar.html
/giacometti/start/goflash.html2001http://www.moma.org/exhibitions/

تحليل العمل البرونزي الأول :

شكل (99) يمثل مجموعة من الأشخاص ، نفذها جياكوميتي باستخدام خامة البرونز من خـلال تقنية سباكة الشمع المفقود ، وتبلغ أبعاد العمل تقريباً 21 × 62.5 × 42.8م ويمثل خمسة أشخاص في أوضاع حركية مختلفة توحي بالحركة والحيوية وتجديد النشاط والاستمرارية , رغم الملمس الخـشن الذي ميز الفنان في تشكيل أعماله البرونزية ، الذي يظهر على سطح الكتلـة وأوحـى بـشيء مـن الاضطراب والقلق المهيمن على ذلك الموقف ، كما يظهر أن الفنان لم يهتم بتشكيل تفاصيل الجـسم الإنساني بقدر اهتمامة بالخط الخارجي الذي يمثل هيكلية الإنسان والمواقف التعبيرية والحركية التي تجسد موقفاً ما والتي قد بثت روح من التعاون والوحدة الاجتماعية التي جمعت بينهم رغم القلق الناتج عـن تأثير الملامس الخشنة على السطح .

ونلاحظ أن الفنان تعمد تشكيل هؤلاء الأشخاص بصورة أطول من الطبيعة ، معبراً عـن طـول حيا م ، أو تعاقب وتوالي الزمان ، وربما قصد من وراء تلك الإطالة والاسـتقامة الحـادة إشـارةً إلى الموقف الصارم الجاد ، الذي بلغ الأهمية أو الاثارة للتعرف على الجديد المتجذر . ونلاحظ تعبيره ذلك الذي تعمد فيه تكبير حجم القدمين دلالة على الثبات والتأصل , بانغماس تلك الأشـكال الآدميـة في الأرضية التي نفذها بنفس الأسلوب المميز وإعطائها ملامس خشنة لتلائم تلك الأشكال المبنية فوقهـا حيث تظهر القاعدة الأفقية بشكلها المبسط والملائم مع الهياكل الآدمية التي أخذت الوضع العـامودي ونلاحظ انعكاس الأضواء الساقطة على الأرضية في المناطق المستوية ، وامتصاصها في المناطق الأخـرى ذات الملامس المتموجة . ويبدو أن تلك الهياكل الآدمية امتصت الضوء كاملاً . ويشعرنا ذلك التشكيل البرونزي بالاستقرار والانسجام مع الفراغ المحيط بالعمل . وقد تم تلوين ذلك ا سم ككـل بـاللون الأسود .



شكل (99)

يوضح مجسم برونزي موعة من الأشخاص

http://www.tehranmoca.com/cgibin/tmcasrv.exe?filename=SCULPTURE&item=GIACOMETTI

تحليل العمل البرونزي الثاني :



شكل (100)
يوضح مجسم برونزي أطلق علية " الإمرأة الواقفة "
http://univers-art.arabfunart.com/scalipchar.html
http://www.moma.org/exhibitions/2001/giacometti/start/goflash.html

شكل (100) أطلق على ذلك العمل " الإمرأة الواقفة " ، نفـذه الفنان جياكوميتي عام 1947م ، من خامة البرونز ، بتقنيـة سـباكة الشمع المفقود .

ويأخذ ذلـك العمـل " الإمـرأة الواقفـة " الوضـع الطـولي (العامودي) , مثبتاً على قاعدة عرضية مستطيلة ومنخفضة الارتفـاع ويتكرر نفس الأسلوب المميز للفنان جياكوميتي في تنفيذ العمـل مـن حيث الملمس والإستطالة وحجم القدمين التي تكبر الجسم وقد سيطرت على ذلك ا سم حالة من الصمت والسكون والثبات وجمود الكتله إلا إنه استطاع أن يكسر ذلك الجمود بإضفاء الملمس المضطرب على كتلة العمل ، ويبين ذلك التشكيل البرونزي امرأة واقفة مـسدولة اليـدين وذات وقار وهيبة , وكأنه أراد أن يعبر عن الملكة التي ترتدي تاجاً فـوق رأسها وتصدر أوامراً دون أي مساهمة فعلية منها ورغم ذلك فهي علـى مكانه وذات منصب لها جذور فيه ، وأكده من خلال ثبا ا على أقـدام كبيرة منغمسة في قاعدة من نفس الهيكلية النابتة منها وقد نلاحـظ مـا قصده الفنان من خلال تركه العمل بلون البرونز الطبيعي ، والذي عمـل بدوره نتيجة الملامس المختلفة ، على حيوية وفخامة العمل ، التي جذبت الأضواء من المحيط حولها واستقرت ا داخل العمل ، موحيـة بجـذب المشاهد نحوها وعيشه داخل روح العمل البرونزي .

4- الفنان إدواردو باولوزي (Eduardo Paolozzi) :

ولد الفنان باولوزي عام 1924م في منطقة ليث قرب أدنبرة . وأتم دراسته في أدنـبرة ، ولنـدن وباريس ، وأثناء وجوده فيها من عام 1947م أنتج أعمالاً برونزيه مبهمة وتجريدية ، حيث يقتـرب أسلوبة قليلاً من أسلوب الفنان جياكوميتي في التشكيل بخامة البرونز . ويعد الفنـان بـاولوزي أحـد الفنانين المعاصرين الذين اهتموا بدراسة الفنون المختلفة وخاصةً فن النحت كما أنه يعتـبر أحـد رواد التشكيل المعدني ، الذين شغلتهم الخامة البرونزية ، فنلاحظ أن مجمل أعماله تسيطر عليها حالـة مـن الغموض ، وعدم التحديد الكامل لوحدات الشكل .

وغالباً ماتظهر أعماله في صورة كتله غير منتظمة الأبعاد أي تأخذ طابع الخشونة ويـشو ا عـالم مزدحم بالملامس السطحية والارتفاعات والانخفاضات التي تمتص بدورها الضوء الساقط عليها فتحدث تباينات ضوئية مختلفة تجعل العمل حيوياً وغير ثابت . وهذا الطابع ميز الفنان باولوزي عن غيره مـن الفنانيين ، إضافةً إلى استخدامه أسلوباً خاصاً به لإخراج أعماله البرونزية المسبوكة ، حيث اسـتخدم عملية اللحام لتجميع ولحام بعض القطع المعدنية الصغيرة على كتلة العمل البرونزي ، كمـا اسـتخدم الطرق إعطاء ملامس مختلفة على سطح العمل البرونزي . ويظهر ذلك في شـكل (101 ، 102 ، 103 ، 104 ، 105) الـذي يمثـل مجموعة من الأعمال البرونزية التي اتبع بـاولوزي في تنفيـذها ذلـك الأسلوب ، كما يتضح أن باولوزي قد أدرك أهمية استخدام الأشـكال المصقولة والبراقة التي تعكس ما يسقط عليه من الأشعة الضوئية ومدى أهمية وفعالية ذلك في التشكيل الفني في الإحساس بروح العمل والحركة المستمرة الناتجة عن التباينات بين الظـل والـضوء كمـا يظهـر في شكل (106) فيما يلي يتم تحليل عمليين للفنان باولوزي اتبع في كل منها أسلوباً مختلفاً عن الآخر .



شكل (101)

يوضح مجسم برونزي

http://www.sculpture.uk.com/elisabeth_frink.htm



شكل (102)

يوضح مجسم برونزي

http://www.sculpture.uk.com/kenneth_armitage.htm



شكل (103)

يوضح مجسم برونزي

http://www.sculpture.uk.com/eduardo_paolozzi.htm



شكل (104)

يوضح مجسم برونزي

http://www.sculpture.uk.com/gary_breeze.htm

تحليل العمل البرونزي الأول :



شكل (105)
يوضح مجسم برونزي
أطلق علية " سيباستيان "
http://www.nationalgalleries.org/collections/artist_search.php?3804artistId=&initial=P&artistNaEduardo20%me=Sir Paolozzi20%

شكل (105) أطلق على ذلك العمل " سيباستيان " ، وتبلغ أبعاده حوالي 214.50 × 72.00 × 35.50سم ، نفذه الفنان باولوزي من خامة البرونز عام 1957م ويظهر أنـه اسـتخدم في سباكته تقنية سباكة الشمع المفقود . ونلاحظ إن هذا العمل يأخذ الطابع الرأسي ، وهي مجمله مقسم على ثلاثة أجزاء أفقياً ، متطابقة رأسياً تحقق معاً الطابع الكلي للعمل البرونزي . فيمثل الجزء الأول (السفلي) من العمل أسطوانتين غير منتظمة الشكل تمثل الـساقين أو الأرجل أو القاعدة المقام عليها العمل ، ويأخذ سطحها ملمـساً خشناً نتيجة عملية الطرق عليها ، إضافةً إلى اسـتخدامه اللحـام لتثبيت بعض القطع المعدنية الدقيقة التي تحرك من الشكل الخـارجي للاسطوانة مما تغير من نظامها الهندسي الدقيق .

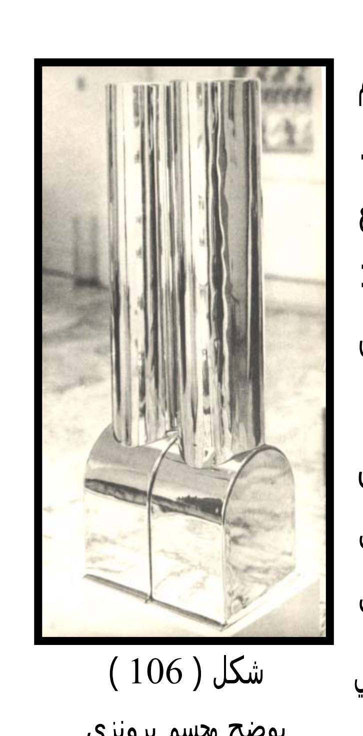
أما الجزء الثاني (الأوسط) من العمل فهو عبارة عن مـستطيل يأخذ ملمساً خشناناً نتيجة إضافات القطع المعدنية باللحـام علـى سطحها ، ويظهر أن ا فجوات داخلية غير نافذة ، مما نتج عنـها بعض الظلال التي تحدث إثارةً للعمل مع الأسطح البـارزة المـضيئة وذلك يعطي حركة إيهامية بالشكل .

أما الجزء الثالث (العلوي) من العمل وهو يمثل قمة العمل فهو عبارة عن شكل شبه بيضاوي غير منتظم ، خشن الملمس ، ممتلئ بالذبذبات السطحية كالنقش علـى السطح الخارجي للعمل ، وتختلف درجة بروز وانخفاض تلك الملامس وهذا ما يعطي الإحساس بالنقش وتحقيقاً للكتلة العامة للعمل ، كما أ ا تعمل بدورها على انعكاس الضوء الساقط عليها بنسب متفاوتة مما يعطي الاحساس الحركي للسطح المكون للعناصر الموجودة في العمل .

وربما يكون الفنان باولوزي قد قصد من وراء تشكيل سيباستيان تقديم شكل تجريدي لإنـسان في حالة من الاضطراب وعدم الإستقرار النفسي ، أو لتكتل الأفكار أو تـشتت في ذهنـه ، أو أن هـذا الإنسان قد وقع رهينة التطور التكنولوجي أو الصناعي ، وربما يفسر ذلك استخدامه تلك الاضـافات المعدنية من تروس وعجلات مكائن أو مسامير أو غيرها من التداخلات الصناعية التي أعطت إحـساساً متذبذباً مليئاً بالملامس المزدحمة التي فرضت على طبيعة العمل قيمة من الدلائل الإنسانية عكسها السطح

ويمكن إدراكها عن طريق الرؤية والملس ، فيشعر المشاهد من النظرة الأولى إلى ذلك التشكيل ا ـسم بأنه رجل آلي ينفذ الأوامر دون إرادة منه أو إدراك لصلاحيتها .

تحليل العمل البرونزي الثاني :


شكل (106)
يوضح مجسم برونزي
(سعد ، 1980م
صـ126)

شكل (106) نفذه الفنان باولوزي من خامة البرونز المطلي بالكروم ويظهر أن العمل قائم رأسياً ، إلا أنه يأخذ اتجـاهين أفقيـاً وعاموديـاً . وينقسم ذلك التشكيل ا سم طولياً إلى جزئين متطابقين تماماً في جميـع التفاصيل التشكيلية الأساسية ، أما أفقياً فهو مقسم إلى جزئين أساسيين : الجزء الأول (السفلي) من العمل بمثابة قاعدة يعلوها عامودان اسطوانيان وتشبه في شكلها الصندوق .

أما الجزء الثاني (العلوي) من العمل فكأنه عبارة عـن أسـطوانتين منغمستين في قاعدة العمل (الجزء السفلي) ، ويظهـر في هـذا العمـل اختلاف أسلوب التنفيذ عن العمل السابق تحليله ، فيبدو أن هذا العمـل صقل صقلاً جيداً ، تحقق عنها خطوط قائمة طولية ، وأخرى عرضـية في القاعدة ، وأن كلاً من تلك الخطوط وهي تظهر لامعة وبراقة ، أعطـت الإحساس بكتلة العمل البراقة ، والإحساس بالحركة والتجدد والاستمرارية في العمل ، وحققت بدورها الإحساس بالتلاشي الجزئي لحجـم الكتلـة فطبيعة لمعان السطح وبريقة طغى على حقيقة الشكل ، وأعطت الأحساس بذوبا ا في الفراغ الكلـي المحيط بالعمل ، كما تظهر الانعكاسات من المحيط الخارجي للعمل ، والتي تشعر المشاهد بأنه جزء مـن ذلك العمل ، ويبدو أن ذلك التشكيل عبارة عن مرآة تفصح عما حولها .

5- الفنان سيزار بلداكسني (Cesar Baldacini) :

يعتبر الفنان سيزار أحد أشهر وأهم فناني فرنسا المعاصرين ، أهتم بدراسة مختلف الفنون وخاصةً فن النحت ، ويؤكد علي (1991م) " بأن سيزار درس فن النحت في مدرسة الفنون الجميلة في مارسليا ثم انتقل بعدها إلى باريس والتحق فيها بمدرسة الفنون الجميلة واتخذ مرسماً في حي مونبارناس ، إلا أنـه

عاد مرة أخرى إلى جنوب فرنسا وأقام لنفسه أتيليه في ضـواحي " كـان " حيـث يعـيش حـتى الآن " (ص ـ 203) .

وأضاف فارسي (1989م) " يصنف سيزر بين مثّالي الخردة وذلك لاستخدامه خـردة الحديـد وبقايا الماكينات المحيطة من نتائج الحضارة الحديثة في صياغة أعماله الفنية التي يميل فيهـا إلى الرمـوز والتجريد ، كأسلوب فني في التعبير عن رفضه لسوء استعمال معطيات هذه الحضارة ، ومثـال ذلـك استخدامه الحديد الصدئ في تشكيلات يعبر ا عن معنى التآكل الذي يحدث في نفس البشرية نتيجـة للاعتماد الكامل على الماديات وحدها " (ص ـ 132) .

إضافة إلى اهتمام سيزار بتشكيل الأعمال البرونزية الضخمة ، فكان من بين الفنانين الذين خرجت أعمالهم إلى الهواء الطلق ، حيث نفذ ثلاثة أعمال ضخمة عرضت في أنحاء متفرقة بمدينة جـدة هـي **" الإبام "** من الرخام ، و**" القبضة "** شكل (107) من البرونز نفذها الفنان سيزار بتقنية سـباكة الشمع المفقود وتبلغ أبعاد ذلك العمل تقريباً 3.5 × 1.5 × 2م ، ومجسم القبضة معروض في ميـدان على طريق سمو وزير الدفاع والطيران ولي العهد الأمير سلطان بن عبد العزيز آل سعود ، وذكر فارسي (1989م) أن صاحب السمو الملكي الأمير سلطان حفظه الله دفع قيمة سـباكة ذلـك النمـوذج البرونزي " القبضة "من حسابه الخاص الذي بلغ أربعمائة ألف دولار ، أما مجسم **" العين الـساهرة "** شكل (108) نفذة الفنان سيزار من خامة البرونز باستخدام تقنية سباكة الشمع المفقود وتبلغ أبعاده حوالي 250 × 200 × 50 سم ، وأكد فارسي (1989م) بأنه قد تم اختيار مواقع لهـا دلالتـها الرمزية لتتطابق مع الفكرة التعبيرية للعمل البرونزي " العين " ، فكان موقعها بداية أن تكـون بجـوار وزارة الداخلية ، أو بجوار التلفزيون ، أو بجوار مستشفى العيون للدكتور عاكف مغربي ولكـن لعـدم وجود مساحة كافية أو موقع يلائمها نقلت إلى متحف الفن العالمي بالهواء الطلق على كورنيش الحمراء بجدة . فيعتبر مجسم " العين " و" القبضة " من الأعمال والأفكار النادرة ، والتي بدأت تنتشر عالمياً بعد جدة ، وأكد علي (1991م) بأن الفنان سيزار نفذ تلك الأعمال ا سمه بأسلوب كلاسيكي تام فيه محاكاة للأجزاء التي يعرضها من جسم الإنسان والتي مثل فيها معاني واقعية بـصورة حيـة ومبـسطة باستخدام رموز تعبيرية ذات معان ودلالات ضمنية وتم توظيفها بما يتفق مع تقاليد ا تمع السعودي في رفض إقامة مجسمات تحاكي خلق الله سبحانه وتعالى ، ويؤكد هذا اختلاف أعماله التي تأخذ طابعـاً مختلفاً عن أعماله في أوربا وأمريكا حيث ذكر علي (1991م) عن سيزار قوله " لقد قدمت لجـدة أعمالاً تتوافق مع حضارة وثقافة وتراث ا تمع في مدينة جدة دف التجميل والمعنى " (ص ـ 206) .

وفيما يلي نتناول عملين من أعماله البرونزية المعروضة في بمدينة جدة بالتحليل .

تحليل العمل البرونزي الأول :

شكل (107) أطلق على ذلك العمل " القبـضة " ويظهر بوضوح وضع الكتلة البرونزية التي تمثل القبـضة في وضع متزن ومستقر تماماً على سطح الأرض كمـا تعـبر ضخامة الكتلة ودلالا ا الرمزية علـى القـوة والإصـرار والتماسك ، فقد آثار ذلك التعبير من خلال قـوة ودقـة إظهار التفاصيل للقبضة بصورة مكبرة ، والتي خرجت من أثر الضغط بالأصابع بشدة وضمها بقوة إلى بطن تجويـف الكف والتي يعلو تلك الأصابع الإ ام ، وتضيف صـفيناز غنيم (1994م) أن الفنان

> استخدم الفراغات الكهفية والأخدودية لتـساعد في التعبير عن الشكل بصورة أوضح . فنجد أن ا ـسم من الخلف ظهرت فية بروز عظـام الأصـابع مـع تعرقات اليد الناتجة عن ضغط الأصابع واليد مندفعـة خروجاً من الأرض إلى أعلى بنسبة ميل ممـا سـاعد على اتساع رقعة الإنبثاق والتماس مع الأرض فأعطى إحساساً بالصعود والاندفاع إلى أعلى ، وفي أعلـى ا سم تظهر إنثناءات الأصابع واضحة مع إظهار كل أصبع على حدة عن طريق استخدام الفنان المـزاب الفراغي الشبيه بالأخدود وينحني مع إنحناءة الأصابع التي تنتهي في راحة اليد المغلقة مكونة فراغاً كهفـي ساعد على إظهار القوة في القبضة ، كما أن وضـع الإ ام فوق مجموعة الأصابع ساعد في انسجامة مـع باقي الكتلة لإظهار موضوع العمل (صـ 103) .



شكل (107)
يوضح مجسم برونزي أطلق علية " القبضة "
المتحف المفتوح بجدة (تصوير الباحثة)

ونلاحظ دقة الخطوط التي أبرزها الفنان لتظهر تفاصيل هيئة الجلد البشري كرمز تعبيري ميـز العمـل البرونزي ، حيث نجد خروج كل خط من بداية تقسيمات الأصابع بطريقة صارمة قوية واستقامه حادة متجهاً إلى التجويف الداخلى الكهفي ، حيث تلتقي في مقدمة العمل ، ثم تتجه في رشاقة نحـو خـط

ارتكاز العمل على سطح الأرض ، إضافةً إلى ان اختيار الفنان لخامة البرونز ساعده في تحقيـق القيمـة التعبيرية إلى جانب القيمة التشكيلية ، حيث نجد الانعكاسات الناتجة عن الضوء أكدت صلابة الكتلـة وأعطت الإحساس بالموضوع ، كما أن استقطاب الضوء في ذلك الفراغ الكهفي نتج عنه ظلال حادة أكدت على قوة الضغط والتماسك الشديد . إضافةً إلى أن لون البرونز المسبوك أقرب لما يكون عليـه الجلد ، وأكد ذلك التبتين (التلوين) الطبيعي الذي نتج عن تفاعل البرونز مع العوامل الجوية على مـر السنين .

والعمل البرونزي الذي نفذه سيزار " القبضة " وضع على قاعدة الميدان الذي اخـتيرت لأرضـيته درجات اللون البني المحمر ليظهر ا سم وتفاصيله بشكل أفضل . ساعد على إبراز معنى ذلك التشكيل ا سم . والذي قصد منه الفنان التعبير عن القوة والانضباط والحكمة والأمن والأمان الذي ننعم به .

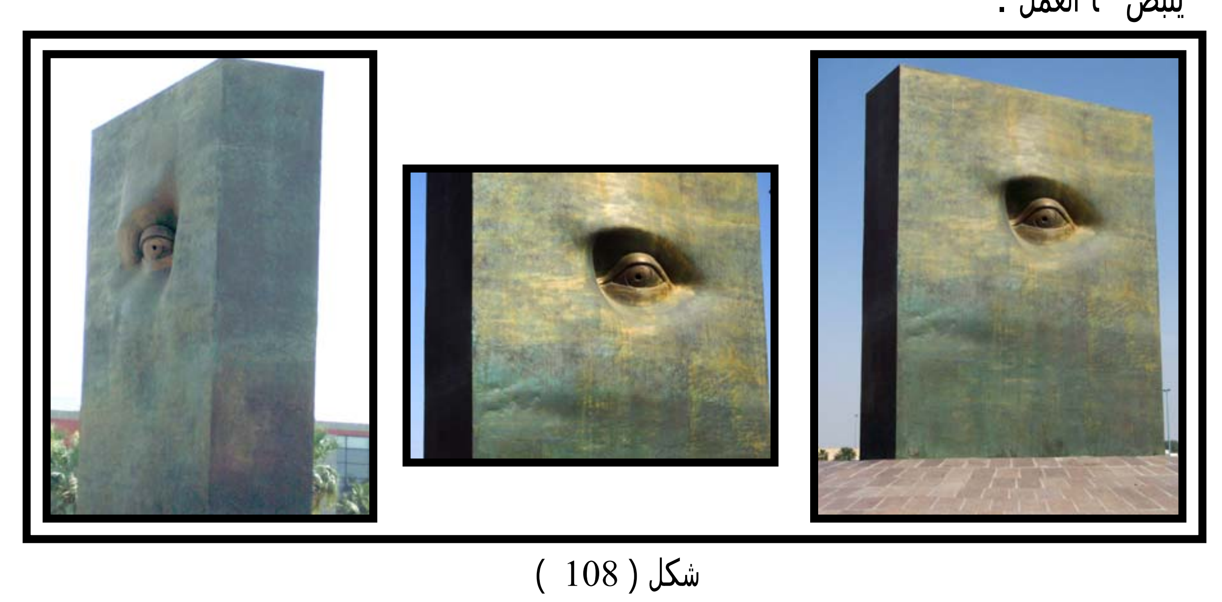
تحليل العمل البرونزي الثاني :

شكل (108) وأطلق على ذلك العمل " العين الساهرة " ، نفذ الفنان سـيزار علـى مـساحة هندسية مستطيلة الشكل ، حيث يقف ذلك المستطيل عامودياً ، وتتوسط العين ذلك المـستطيل مـع اتجاهها قليلاً إلى الأعلى . ويتوسط العين ثقب صغير قصد به قرنية العين لأ ا استقطبت كل الظـلال نحوها وأخذت اللون الأسود .

ونجد أن المستطيل حول العين خالي تماماً من أى تفاصيل ، حيث ان الفنان اكتفي بتشكيل العـين على جانبي المستطيل بخطوطها الانسيابية ، كما إن نعومة السطح من حولها والذي اكـسبته العوامـل الجوية بتين (لون) طبيعياً على تلك المساحات المسطحة أعطى تموجات لونية جميلة بعثت في العمـل الروح الحركية والنبض بالحياة وتقلبا ا ، كما أكدت على القيمة الجمالية والمعنوية رغم بساطة التعـبير ووحدانية الرمز ، إلا أننا أحسسنا بقوة المعني المعبر عن سهر حماة الوطن على راحة المواطنين ، وتحقيق الأمن له ، ونلاحظ ذلك من خلال السكون والصمت الذي سيطر على كتلة العمل البرونزي . ونجـد أن هناك حياة منبعثة من وسط الصندوق المستطيل الذي قد نتخيل أنه بمثابة وجه الإنسان ، فربما فضل الفنان أن يكون الصندوق المستطيل خالياً تماماً من أي تفاصيل أو ملامس ، تركيزاً علـى ذات المعـنى المتمثله في العين .

وقد وفق الفنان سيزر في اختيار خامة العمل للتأكيد على المعنى والإيحاء بالحس الجمـالي الـساكن وتوسيعاً لدائرة التخيل عند المشاهد ، وربط الحقائق بالأشكال الرمزية والإيحاءات الخطيـة ، ويتـضح استقرار كتلة العمل تماماً على سطح الأرض في وضع متزن وثابت ، كما أن كتلة العمـل الـضخمة

وقفت متحدية الفراغ المحيط ا ، وهي في وضع متلائم مع الفراغ من حولها . أما من حيـث تفاعـل ذلك العمل مع ما حوله من مؤثرات فيظهر واضحاً في انعكاسات الضوء التي نتج عنها ظلال أكـدت على بروز كتلة العمل وما احتواه من العين , وفي مناطق أخرى منه استقطبت وامتصت ذلك الـضوء الطبيعي الناتج عن الأشعة الشمسية ، نتيجة الأكسدة الطبيعية الناتجة عن رطوبة الجو وتفاعل الكبريتات والكربونات مع سطح البرونز , والذي تكون عنها طبقات متموجة خضراء وزرقاء . كل ذلك أظهـر الحس الجمالي في العمل , ومن ناحية أخرى أعطى الإحساس بالحركة الإيهامية والحياة والحيوية الـتي ينبض ا العمل .



شكل (108)
يوضح مجسم برونزي أطلق علية " العين "
المتحف المفتوح بكورنيش جدة (تصوير الباحثة)

6- الفنان أرنالدو بومادورو (Arnaldo Pomadoro) :

ولد الفنان بومادورو عام 1926م ، في مورسيانو برومانيا ، درس الفن في المعهد الفني ببرلين ، وفي عام 1937م عمل مصمماً للمجوهرات الدقيقة حيث كان يمتلك وأخيه محـلاص لتـصميم وبيـع ا وهرات فمن أثر ذلك تدربت يداه على تشكيل السطوح بأشكال دقيقة ومفصلة في الفـضاء . وفي عام 1945م التحق بكلية الاقتصاد والتجارة . ثم في عام 1954م انتقل إلى ميلانـو حيـث سـكن بالقرب من أكاديمية بربرا ، فهناك التقى بشخصيات فنية هامة . أكسبته خبرات مكنته من عقـد أول معرض له ولأخيه " جيو " في فلورنسا في غاليريه نوميرو , ثم في ميلان في غاليريه مونيتنـا بوليـون , فاعتبرت أبحاثه حين ذاك غير عادية .

وتذكر صفناز غنيم (1994م) تعليق الناقد ليوناردو سينسغالي على عمـل بومـادورو بقولـه " إنه شكل جديد من الكتابة المحيرة "(صـ 86) .

وفي عام 1960م قابل أرنالدو بومادورو دافيد سميث ، ولويز ينفيلـسون أثنـاء سـفرته الأولى إلى الولايات المتحدة الأمريكية , كما أنه في عام 1961م انضم بومادورو إلى مجموعة كونتينويت رداً على الأقمار الصناعية ، حينها تأثر بتكنولوجيا العصر فبدأت الأعمال البرونزية تسيطر على تفكيره تدريجياً , فكانت بدايةً أعماله البرونزية تأخذ الشكل الكروي المصقول تماماً ويتخللـها تـشققات أو تفاصـيل انتشرت من نقطة معينة في الشكل الكروي كما في شكل (109 ، 111) ، ثم ظهر تأثره واضـحاً بعصر التكنولوجيا في عمله البرونزي المميز الذي أطلق علية " عامود مسافر " شكل (110) وهـو المعروض في المتحف المفتوح على كورنيش مدينة جدة نفذة الفنان بومادورو بخامة البرونز باسـتخدام تقنية سباكة الشمع المفقود ويبلغ طولة 2.5 وقطرة 50سم تقريباً ، كما يظهر واضحاً انشغاله وتأثره بالتقدم التقني والفني والصناعي والتكنولوجي وحبه لمواكبة التطور حيث بلور ذلك بفكـرة إبداعيـة وصورة فنية تشكيلية رائعة تأخذ حيزاً تشغله في الفراغ شكل (112) والذي أطلق علية " مكعب " وهو المعروض في المتحف المفتوح على كورنيش جدة الذي نفذة الفنان بومـادورو بخامـة البرونـز باستخدام تقنية سباكة الشمع المفقود ، وفيما يلي سنتناول تحليل عملين مختـارين للفنـان أرنالـدو بومادورو .

تحليل العمل البرونزي الأول :

شكل (109) ويمثل شكلاً كروياً نفذه الفنان أرنالدو بومادورو عـام 1968م مـن خامـة البرونز ، بتقنية سباكة الشمع المفقود ، ويعتبر ذلك العمل البرونزي من بدايات أعمال الفنان بومادورو في التشكيل المجسم في الفضاء (الفراغ الخارجي) ، فنلاحظ بدايات تأثره بتكنولوجيا العصر .

ويبدو أنه رمز لذلك أولاً باختياره الشكل الهندسي الكروي ، والذي قد قصد به الكرة الأرضية أو العقل الإنساني ، حيث كان خالياً من الإنجازات أو التطورات (أي كان تفكيره شبه بدائي) فهو ينقل ما يراه أمامه دون تدخل أو محاولة للتنقيب عن الجديد والأفضل ، حيث فسر ذلك التعبير السطح اللامع والمصقول بشده والذي عكس بوضوح ودقه كل ما حوله ، فأصبح جزءاً داخل العمل ، فمن أثر نقطة بدأت تتشعب تشققا ما بتغيير النظرة الإنسانية نحو التطلع لمستقبل أفضل ينير تلك العقول بعد خمولهـا فنلاحظ أن وسط الشكل الكروي فراغ مفتوح وهو الذي تشعبت عنه تلك التـشققات المتجـزرة في الكتلة من حوله , والتي هي بمثابة الخطوط الأولى للعلم والتطور ، إضافةً إلى أن ذلك الفراغ النـصفي خفف نسبياً من وزن العمل , وأعطى شعوراً بالراحة ، وبتعانق الكتلة الضخمة مع الفراغ من حولهـا

ويعطي ذلك العمل إحساساً بعدم الاستقرار أو الثبات في مكانه , وربما تولّد ذلك الإحساس من نفس هيكلية الكتلة الكروية التي تشعرنا بسهولة تحريكها أو تغيير مكا ا . ويبدو أن الفنان بومادورو نفـذ تلك التشققات الفراغية لتظهر مختلفة في حركتها واضطرا ا من الوجه الأول عنها في الوجـه الآخـر فأوحى ذلك بالاستمرار والحركة والتجدد ، كما أن إنسيابية الخط الخارجي للكتلة إلى جانب الخطوط المرنة الناتجة عن أثر التشققات تعطي الإحساس بدناميكية الحركة والتناغم بين الـسطوح بإيقاعـات موسيقية تجعل المشاهد يستمتع بالقيم البصرية للعمل وتجره معها إلى مضمو ا الشكلي والتعبيري .

ونلاحظ أن الضوء الطبيعي بحركته المتغيرة لعب دوراً بارزاً في تجسيم كتلة العمل البرونزي ، كمـا أنه تفاعل معها لابراز المعنى ، فنجد إنعكاسات الضوء بوضوح واختلافها على السطح اللامع المصقول في حين تمتص تلك الفراغات الأخدودية (التشققات) الضوء الذي توغل في قلبها لتـبرزه في صـورة معان تعبيريه عن المضمون . وساعد على ذلك خامة العمل وملمسها الناعم البراق , الذي زاد من قيمة العمل الجمالية إلى جانب القيمة التشكيلية والمعنوية ، وتظهر قاعدة العمل بخطوطها المستقيمة المنفذة من الرخام كمكمل لفكرة العمل .

شكل (109)

يوضح مجسم برونزي أطلق علية " الشكل الكروي "

Arnaldo Pomodoro, Rotating Sphere, 1968-69

http://www.tehranmoca.com/cgibin/tmcasrv.exe?filename=SCULPTURE&item=POMODORO

تحليل العمل البرونزي الثاني :

شكل (110) أطلق على ذلك التشكيل البرونزي " عامود مسافر " ويأخذ هيئة عامود أسـطواني الشكل ، يتألف من خمسة أجزاء أسطوانية مرتبة فوق بعضها على التوالي ، نفذها الفنان بتقنية سـباكة الشمع المفقود ، ويأخذ المجسم البرونزي الوضع الطولى (العامودي) ، ويتضح استقراره تمامـاً علـى سطح الأرض في وضع متزن وثابت . فمن خلال ذلك العمل البرونزي يظهر تأثره بما نقلتـه الثقافـة والعلم والتطور التكنولوجي منذ بداياتها ، حيث أن الفنان بومادورو عاش الحياة قبل تلك النقلة العلمية وبعدها ، فذلك العمل " عامود مسافر " دليل واضح على تأثره بعصر التكنولوجيا والحركة الديناميكية والآلات الدقيقة والأجهزة الكهربائية ، وأجهزة الاتصال ، فما يميز تلك الطاقات العلميـة أن جميعهـا عبارة عن منظومات هندسية شديدة التعقيد والتداخل والتراكيب الألكترونية .

فمن ذلك نجد إختيار الفنان للهيكلية العامة للعمل البرونزي الذي يتكون من الـشكل الهندسـي الأسطواني ، الذي حمله بمجموعات معقدة التفاصيل تذكرنا بقلب الآلة والأجهزة الكهربائية أو أجهزة الاتصال أو قلب الكمبيوتر ، حيث عكس ذلك الانطباع موضوع المجسم الذي ينادي بالعلم والتطور . ويبدو أن الفنان شكل ذلك العمل الأسطواني الذي يتكون من خمس أسطوانات شكلها منفصلة عـن بعضها البعض ثم سبك كل واحدة منها على حدة بتقنية سباكة الشمع المفقود ، وبعد سبكها لحّم تلك الأسطوانات فوق بعضها البعض . وبتأمل ذلك المجسم ككل يشعرنا باحساس جذع الشجرة والـذي يبدو وكأن لحاءها قد شق في بعض الأجزاء فأظهر ما بداخلها . وعند الوقوف على كل قطعـة مـن قطعها يجد المشاهد نفسه منغمساً في خفاياها وفي تفاصيلها الخطية المتنوعة طولياً وعرضياً ، والتي تبـدو بعضها ذات استقامات حادة وصريحة ومتداخلة ومعقدة في بعض المناطق وكأنها نماذج لالآت أو أجهزة الكترونية ضغطت على سطح العمل لتترك ملامس مختلفة تـذكرنا دائمـاً بعـصر الآلـة والتطـور التكنولوجي . أما باقي الأجزاء من الهيكل الأسطواني فهو يأخذ السطح المصقول الخالي من أي تفاصيل فيقودنا ذلك إلى تخيل ما يخفى من تفاصيل تحت ذلك السطح ، ونلاحظ أن تفاصيل القلب الـداخلى لكل أسطوانه من تلك الأسطوانات المكونة للمجسم البرونزي مختلفة عن الأخرى . ويجعلنا ذلك نتأمل كل جزء من أجزاء ذلك التشكيل البرونزي .

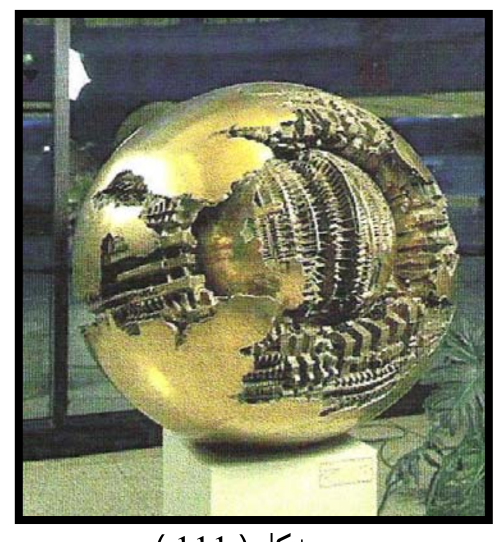
وربما قصد بومادورو من ذلك التشكيل المعقد إكتظاظ العقول الإنسانية بمجريات العصر ومايواكبها من ركب التقدم التكنولوجي والعلمي والثقافي ، الذي يؤثر في حضارة المجتمعـات وإنارتهـا ورفـع مستوياتها إلى القمة . وربما نفذ الفنان بذلك الارتفاع دلالة على أنه منار للعقول الإنسانية ودعوة للعلم والثقافة .

ونلاحظ إن هذا التشكيل البرونزي تأكسد طبيعياً نتيجة تفاعل سطح العمل مع الرطوبة الـشديدة والكربونات والكبريتات في الجو والتي كست سطح العمل بطبقة تشبة في لو ا طبقة الصدأ . أما عـن أثر الضوء عليه فنجد إن الانعكاسات الناتجة عن الضوء الطبيعي أكدت على مايحويه العمل من دلالات ورموز ضمنية ، حيث احتضنت المناطق الغائرة الشبكية الخطوط الضوئية الناتجة عن أشـعة الـشمس المتحركة على مدار اليوم كأ ا معزوفة موسيقية تعطي ألحاناً مختلفة في كل وقت ، منتظـرةً بـشغف خيوط الشمس المباشرة لكي تتعانق معها فتكسرها مرة ، وتعكسها مرة ، وتتركها أخرى للتوغل فيها وإشباع سطوحها بشكل مشع . وبلاشك فإن هذا التباين يزيد من جاذبية ا سم البرونـزي ويجعلـة تشكيلاً رائعاً ومتجدداً ومميزاً عن غيره من الأعمال الأخرى . ويعتبر هذا ا سم من الأعمال البرونزية المشهورة للفنان أرنالدو بومادورو والمعروض بمتحف الفن العالمي بكورنيش جدة (الحمراء) .

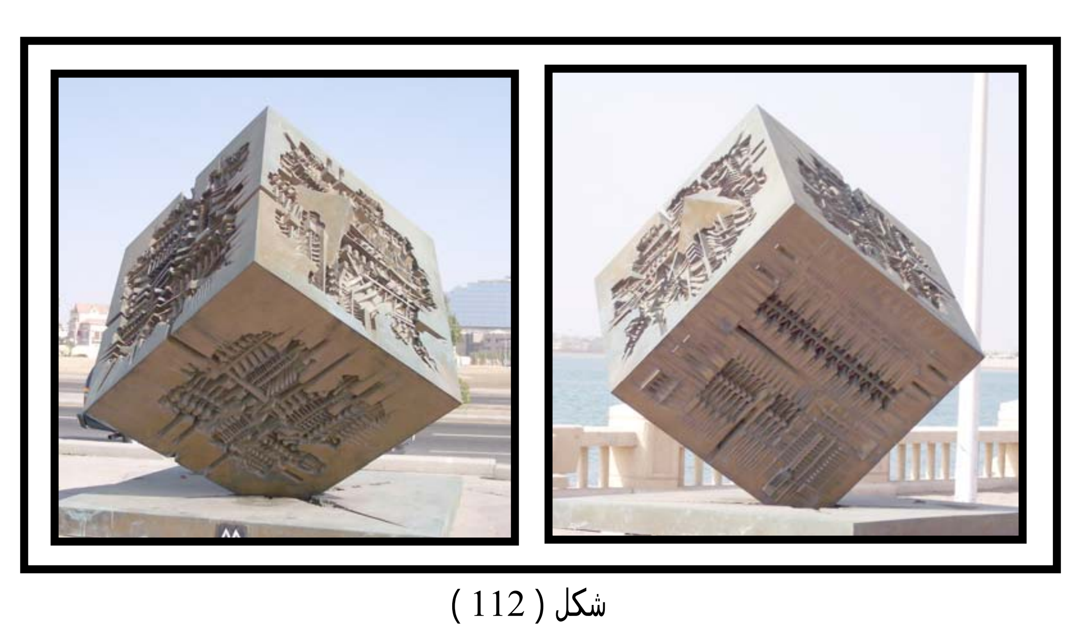
شكل (110)

يوضح مجسم برونزي أطلق علية " عامود مسافر "

المتحف المفتوح بكورنيش جدة (تصوير الباحثة)



شكل (111)
يوضح مجسم برونزي يأخذ الشكل الكروي



شكل (112)
يوضح مجسم برونزي أطلق علية " المكعب "
المتحف المفتوح بكورنيش جدة (تصوير الباحثة)

7- الفنان سامي محمد (Sami Mohammed) :

ولد الفنان سامي محمد عام 1943م في منطقة الشرق بمدينة الكويت ، اهتم منذ صغر سنه بالنحت والتشكيل فكانت أول خامة استخدمها في التشكيل " الطين " . وقد أتم تعليمة الأساسـي بالكويـت ومنح خلال تلك الفترة أول جائزة فنية تسلمها في حياته ، فكانت دافعاً له لإكمال تعليمه الفني ، ففي عام 1962م حصل على تفرغ في المرسـم الحـر أنـتج خلالـه العديـد مـن الأعمـال ، وفي

عام 1966م ـ 1970م درس فن النحت في كلية الفنون الجميلة بالقاهرة ، ثم ابتعث إلى الولايـات المتحدة الأمريكية لدراسة التشريح والنحت عام 1974م ـ 1976م . وبعد عودته إلى وطنة الكويت بدأ يفرغ طاقاته وأفكاره الفنية فانكب على الرسم والتخطيط والتلوين والنحت حيث أفصحت أعماله النحتية عن نفسها فأشغلته القضية " الإنسانية " حيث عبر من خلالها تارةً عن الإنسان المقهور المسحوق المعذب وتارةً أخرى عن الإنسان في بحثه الدؤوب والدائم عن الحرية والحب والسلام ، فولـدت منـذ تلك اللحظة مرحلة " الصناديق " والتي روت معظمها قصة إنسان يتحرك بكل قوة ، يحطم عنه قيـوده وأغلاله يأمل في الخلاص والاستحمام بنور الحياة .

تناولت الكتابات النقدية في الصحف والمجلات والكتب وتحليلات النقاد أعماله التـشكيلية سـواءً أكانت رسماً أم تصويراً أم نحتاً . حيث ذكر صالح (1994م) عن الناقد العربي عفيف البهنسي قولـه " سامي محمد ليس نحاتاً وحسب ، بل هو مصور ورسام يؤسس لوحاته على أساس نحـتي . ولكـن رسومة الغرافيكية السريعة تؤكد براعته في التقاط الومضات الحركية بمهارة وثقـة " (صـ 29) . ويضيف عن حميد خزعل قوله " من أهم العوامل التي أعطت أعمال سامي محمد التشكيلية قوة الثبـات على أرضية صلبة , توكيده التام على إيجاد صلة بصرية وفكرية بين كل خطوة وآخرى يخطوها ، ممـا جعل لأعماله إطار واحداً وان اختلفت طرق التشكيل والأداء حسب ماتقتضيه حاجة الفكرة التي تولد في ذهنه . ومن أهم ما يميز " سامي " معرفته الدقيقة ، لإمكاناته الفكرية والتشكيلية ، فهو يحسب هذه الإمكانات بدقة رياضية ، ويعلم تماماً متى يبدأ ، ومتى يقف " (صـ 31) .

هذا ونجد الفنان سامي محمد قد مثل بلده (الكويت) بل الخليج بأكملـه في عـدة دول عربيـة وعالمية ، حيث شارك بأعمالة المذهلة في العديد من المعارض حول العالم ، إلى جانب توليه عدة رآسات فنية ، وحصل على العديد من الجوائز ، وله عدة مقتنيات في دول عربية وعالمية ، كما أصـبح رائـد الحركة التشكيلية بالكويت .

وعندما نتأمل مجموعة من أعماله المجسمة التي نفذها بخامة البرونز شـكل (113 ، 114 ، 115 ، 116 ، 117 ، 118) نلاحظ قربة الشديد من خامة البرونز . والتي اكد إختياره لتلك الخامة القوة التعبيرية لتسجيل المعاناة التي يعيشها الإنسان في حياتة والتعبير عنها بطريقة غرائبية . ويؤكد ذلك حميد خزعـل www.altshkeely.com/2005/kuwait2005/s_mohammed.htm بقولة " أن الطريقة المفرطة بالغرابة التي يعالج بها " سامي محمد " أفكـاره هـي الميـزة الأساسـية في خصوصيته التشكيلية , فهو ينتمي إلى ذلك النوع من الفنانين الذين يقدمون القيمة الفكرية والفلـسفية على القيمة الجمالية " .

فنلاحظ حرصه على إثارة ذلك الطابع المميز له من خلال أعماله إلى اقتحام الرؤية الذاتيه في محاوله تشخيص مختزله لترسيخ واقعيته . ونلاحظ إعلاء الجانب الروحي من خلال الوجوه الإنسانية التي تتركز على إحساس سيكولوجي مؤثر في النفس ، حيث أراد من خلال تلك الأعمـال تبحـر المـشاهد في فضاءات المخيلة الأنسانية المنغمسة في خطوط العاطفة الدقيقة التي يشكلها بدقة ومشاعر صادقة أوحت بقوة الصراع والتحدي القائم بين العالم الخارجي وجوهر النفس الإنسانية .

تحليل العمل البرونزي الأول :



شكل (113)
يوضح مجسم برونزي أطلق علية " التحدى " نفذه الفنان سامي عام 1983م ، مقاس العمل 100×60×40 سم
(صالح ، 1994م ، صـ 290)

شكل (113) سمي ذلـك المجـسم " التحدى " نفذه الفنان سامي محمد عـام 1983م ، بتقنية سباكة الـشمع المفقـود ويبلغ أبعاده 100 × 60 × 40 سم .

يأخذ ذلك المجسم الوضع الطولي . وهو عبارة عن قطعتين أساسيتين . تمثل عـامود وإنسان ، ربط وسطه ويداه ورأسه في ذلك العمود ، وينقسم ذلك العامود إلة قـسمين علوي (وهو مائل بزاويـة 70° تقريبـاً) وقسم سفلي (قائم عامودياً على الأرض) ونلاحظ أن الجزء الاول (العلوي) مـن العامود ربطت يد ذلك الشخص بحبل يخترق العامود من أعلاه ، وربط رأسـه في ذلـك الجزء نفسه من العامود ، أسفل اليد بقطعـة قماش ، أما الجـزء الثـاني مـن العـامود (السفلي) فربط فيه وسط ذلك الشخص بقطعة قماش في أعلى العامود ، ويبدو أن ذلك الـشخص يعيش في حالة صراع وتحدى في محاولة منه لفك القيد والتحرر من عذاباته واسترجاع حريته والحياة إليه من جديد ، فربما أتت تلك المحاولات بنتيجة أو أمل يظهر من خلال كسر ذلك العمود .

وربما أراد الفنان في هذا التشكيل البرونزي أن يعبر عن معاناة الإنسان المعذب المذهول الذي قيدوا حريتة وجعلوه أسيراً تحت رحمتهم ، ويفسر ذلك حالة جسده الهزيل الضعيف الذي تقشف جلده من

شدة العذاب ، إلا إنه ما زال يتحدى ويقاوم ، وهذه من خصائص الإنسان الحر ، الذي يدافع عن بلده ودينه ويتمسك بقيمه وعاداته وتقاليده رغم مايعيشه من ألم وقهر . وفي هذا العمل استطاع الفنـان أن يعبر عن قضية الإنسان الأسير أو الإنسان الذي سلبت حريتة ومنع من البوح بمشاعره .

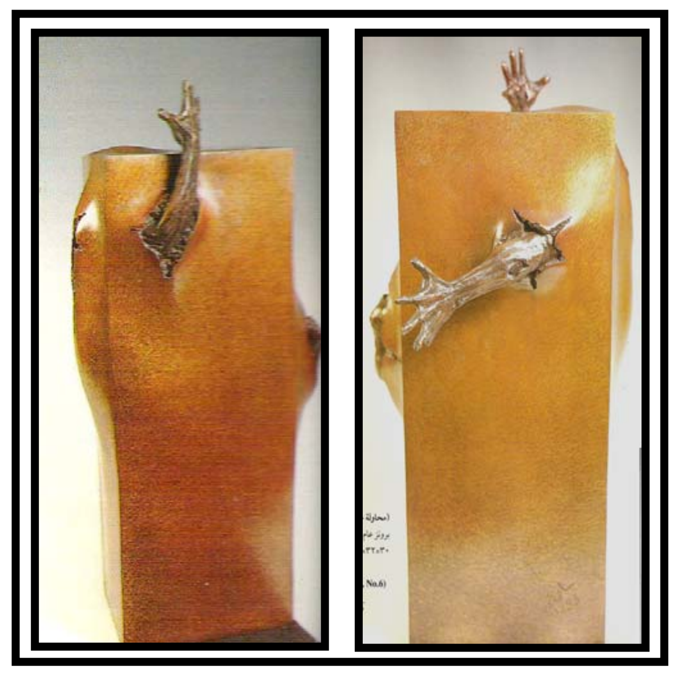
فنلاحظ في ذلك العمل صدقاً في المشاعر والأحاسيس التي تأخذ المشاهد إلى روح العمل وتدفعـه إلى التفحص بدقة في مكوناته وتعبيراته بخطوطه ورموزه الفنية البسيطة . ويؤكد ذلك صـالح (1994م) عن ناصر عبد الله بقولة " نلاحظ في تتابع أعمال سامي محمد " توحد ثنائية الموضوع والشكل في بناء تشكيلي واحد كما لو أن العمل على متابعة ملامح الوجوه لم يكـن إلا الخـوض أو البحـث عـن ارهاصات النفس في زحام الأبعاد التي تكّون تعبيرين في أعمال سامي محمد عبر مراحله المختلفة : خطاً تأملياً جمالياً استخدمة بطريقة (الإيحاء) ، وخطاً تعبيرياً رمزياً ساقه بطريقة التشاؤم " (صـ 30) .

فمن خلال المزج بين هذين الخطين يتوحدان في النتيجة النهائية ليصبحا كياناً واحداً وهـو العمـل الفني وقد استطاع الفنان ببراعة تحقيق القيمة التعبيرية والحسية إلى جانب القيم الفنية ، وتختلف ملامس السطح الذي يتدرج من الناعم إلى الخشن في بعض المناطق . بحسب الدلالة التعبيرية في الموضوع .

تحليل العمل البرونزي الثاني :

شكل (114) أطلق علـى ذلـك العمل " محاولة خروج رقـم 6 " نفـذه الفنان سامي محمد عام 1994م بخامـة البرونز ، بتقنية سباكة الـشمع المفقـود وتبلغ أبعاده 30 × 32 × 62 سم .

يأخذ ذلك الجسم الوضـع الطـولي شكله الفنان علـى مـساحة هندسـية مستطيلة الشكل ، وكسر مـن حـدة الشكل الهندسـي بـإخراج بـروزات (إنبعاجات) عشوائية الهيكل من الجانبين في محاولة لخروج الجسم الإنساني ، أمـا الجانبان الآخران فخرجت منها اليدان بعد أن عاشت حالة من الـصراع والمحاولـة



شكل (114)
يوضح مجسم برونزي أطلق علية " محاولة خروج رقم 6 " نفذه الفنان سامي عام 1994م ، مقاس العمل 30×32×62 سم
(صالح ، 1994م ، صـ 260)

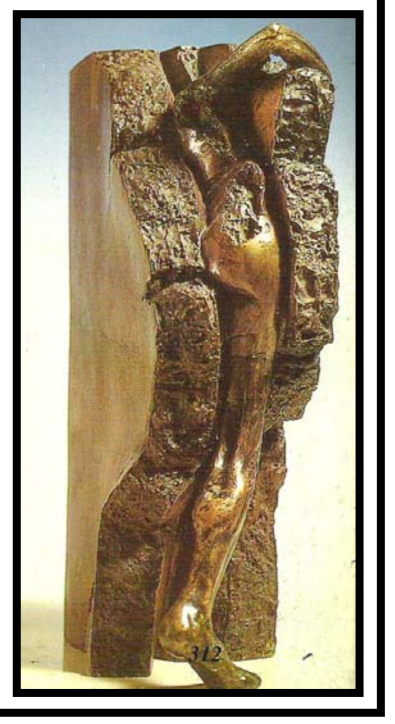
داخل الصندوق للتحرر من سيطرة جدرانه . ويبدو أن الفنان شكل بدقة حالة الصراع حيث تظهـر معاني القلق والتوتر الذي يعيشه الإنسان السجين بين جدران ذلك الصندوق ، وبرز بوضوح أثر ذلك المعنى في اليدين اللتين نجحتا في الخروج ، وقد أصا ا الجراح والألم ، ومن جانب آخر تظهر القدم التي ظهرت بعد المحاولات لكسر جدران ذلك الحاجز الذي حد من حريتها وجعلها أسيرة ذلك الـصندوق ويشعر المشاهد للعمل بروح من التعاطف مع ذلك الإنسان المحروم من رؤية نور الدنيا رغم عيشه فيها .

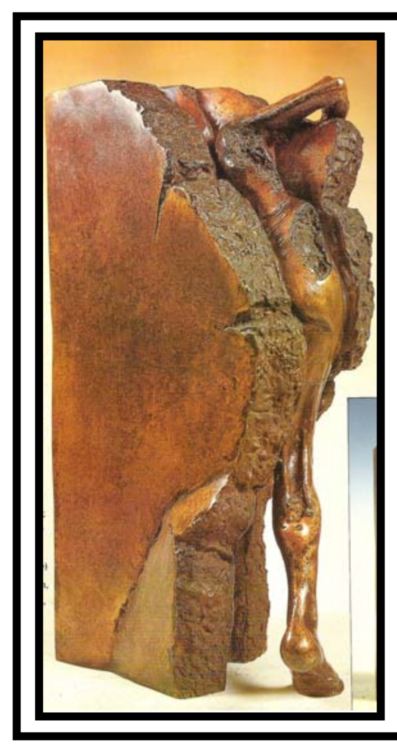
ونجد أن الفنان كرر محاولات خروج ذلك الإنسان بطريقة أو بأخرى في مجموعة من أعماله ، كما نلاحظ وضوح الملامس الخشنة على سطح ذلك الصندوق وقد تنوعت تلك الملامس على اليدين ، كما نلاحظ الاختلاف الواضح بين لون البرونز على سطح الصندوق عنه في الجسم الإنساني الذي يميل لونه إلى الفضيات أو الرماديات .





شكل (115)
يوضح مجسم برونزي أطلق علية " الاختراق "
نفذه الفنان سامي عام 1989م ، مقاس العمل 60×40×50 سم
(صالح ، 1989م ، صـ 302)



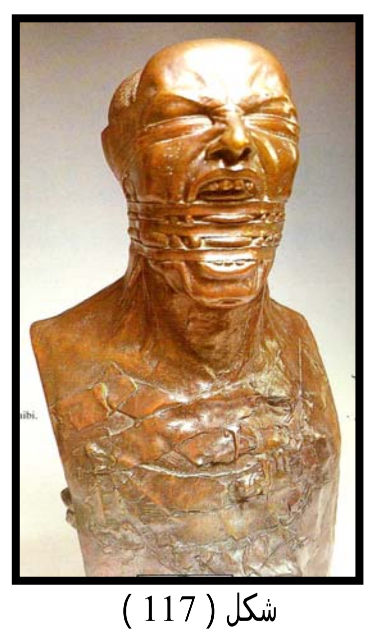


شكل (116)

يوضح مجسم برونزي أطلق علية " الزلزال "

نفذه الفنان سامي عام 1994م ، مقاس العمل 60×35×25 سم

(صالح ، 1990م ، صـ 312)

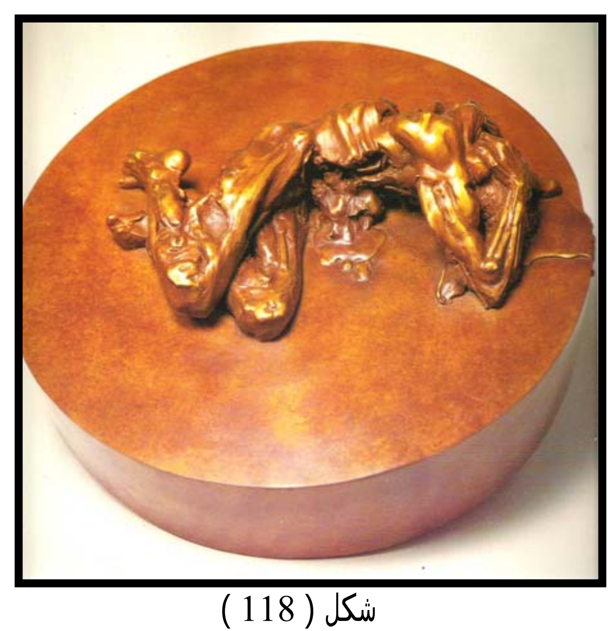


شكل (117)

يوضح مجسم برونزي أطلق علية " الشلل والمقاومة " نفذه الفنان عام 1980م

مقاس العمل40×35×60 سم

(صالح ، 1994م ، صـ 286)



شكل (118)

يوضح مجسم برونزي أطلق علية " الشهيد "

نفذه الفنان سامي عام 1994م

مقاس العمل 50×50×25 سم

(صالح ، 1994م ، صـ 262)

8- الفنان ضياء عزيز ضياء (Dyia Aziz Dyia) :

ولد الفنان السعودي ضياء عزيز ضياء في القاهرة عام 1947م ، وتلقى تعليمة الابتدائي في مكـة المكرمة وجدة ، والاعدادي في جدة والقاهرة ، أما تعليمة الثانوي فتلقاه في جدة والولايات المتحـدة الأمريكية ، ثم أبتعث من وزارة المعارف لأكاديمية الفنون الجميلة بروما للدراسة عام 1967م ، وتخرج منها عام 1971م بدبلوم يعادل درجة البكالوريوس .

وكانت بداياته مع فن النحت عندما كان طالباً بأكاديمية الفنون ففاز في مسابقة تـصميم الميداليـة الذهبية بمناسبة مرور خمسين عاماً على هيئة تموين الأشغال العامة بروما سنة 1970م فكانـت تلـك الجائزة دافعاً له للاستمرار في هذا ا ال . وفي عام 1971م حاز على الميدالية الفضية في مسابقة الرسم والنحت كما حصل على عدة جوائز أخرى في مجال الفن ، وشارك في العديد من المعارض الفنية داخل المملكة وخارجها مثل فيها بلده ، كما عمل مدرساً للفن ، ثم أنشأ مؤسسة خاصة بالفنون الجميلـة ثم ترأس المركز السعودي للفنون التشكيلية ، وأصبح عضواً في أكثر من مركز فني ، افتتح له أول معرض شخصي في مدينة جدة وساهم في تنسيق وتجميل ميادين جدة .

ويؤكد فارسي (1989م) بأنه " كان سيشهد ميدان مطار الملك عبد العزيز أجمل أعمال الفنـان ضياء ... وأضخمها وهو لفكرة الطيران الأولى التي حاولها أو عربي مسلم (عباس بن فرناس) علـى هيئة جناحين يستعدان للانطلاق " (صـ 78) .

كما قام بتـصميم وتنفيـذ عـدة مجسمات أخرى منها سفينة الـصحراء النسر ، المسيرة ، أرض الأصالة ، السلام شكل (119 ، 120 ، 121) ويتميز اسلوبه في التشكيل بالتجريـد وتنـوع الملامس التي تخدم التصميم وتكون أقرب إلى المعني ، كما أنه اهتم بإعطاء سـطح مصقول وقت ما تقتضي الحاجة ذلك .



شكل (119)
يوضح مجسم برونزي للفنان ضياء عزيز ضياء

تحليل العمل البرونزي الأول :



شكل (120)
يوضح مجسم برونزي أطلق علية " حلم الإنسان "
(فارسي ، 1989م ، ص 79)

شكل (120) أطلق على ذلك المجسم البرونزي " حلم الإنسان " نفذه الفنان ضياء بتقنية سباكة الشمع المفقود ، استوحى فكرته من محاولة الطيران العربية الإسلامية الأولى ، وكان مقرراً له أن يكون بارتفاع 32 متراً مع القاعدة . ليوضع في ميدان مطار الملك عبد العزيز بجدة . ويقف ذلك التشكيل البرونزي عامودياً ، ويرتكز على ثلاث نقاط متمثلة في رجلي الطائر وأحد جناحية . ونلاحظ بدقة اختياره للخطوط المناسبة لإبراز كتلة العمل البرونزي ، حيث استخدم الخط الانسيابي المرن محدداً من خلالها جسم الطائر بحركات مرنة تتبعها خطوط حادة متناغمة مع تلك الخطوط المرنه مما أعطت لروح العمل الحس الإيقاعي والموسيقي إلى جانب القيمة الجمالية والمعنوية التي رمزت للقوة والتحضر للانطلاق .

وعند التأمل في مجسم " حلم الإنسان " نلاحظ قوة التعبير المتمثلة في إرتفاع جناحي الطائر استعداداً للانطلاق والطيران ، في تشكيل مبسط بعيد عن التجسيد وذلك هو حلم الإنسان منذ زمن بعيد ، وتحقق ذلك بفضل وكرم الله سبحانه وتعالى على الإنسان وقد حقق الفنان هذا التعبير من خلال رفع رأس الطائر ونظره إلى الأفق البعيد والحركة الايهامية لجناحي الطائر وأن تأثير الضوء وتفاعله مع العمل أعطي الإحساس بالحياة والقوة من خلال استقطاب بعض الأجزاء للضوء بينما عكس الجزء الأكبر منه . وأكدت تلك الانعكاسات التعبيرية الحيوية الأمل الوحدة في العمل ، بجعلها جزءاً منه ومكملة له ، وبارتباطها بالخامة البرونزية .

هذا إضافة إلى اهتمام الفنان بقاعدة العمل البرونزي ، واعتبارها جزءاً مكملاً للموضوع " حلم الإنسان " فقد نفذ تلك القاعدة بخامة البرونز والتي شكلت بخطوط مرنة مستديرة بحركة هادئة ترتفع عامودية بحيث تأخذ الشكل الهرمى كما صممها بحيث تكون على ثلاث مستويات لترتكز عليها رجلي وجناح الطائر . ونلاحظ أن الفنان حرص على أن يكون لون القاعدة مختلفة عن لون المجسم نفسه وقد يكون طبق ذلك من خلال عملية التلوين الكيميائي .

تحليل العمل البرونزي الثاني :

شكل (121) أطلق على ذلك التـشكيل التجريـدي " سفينة الصحراء " الذي نفذة الفنان ضياء بسباكة الـشمع المفقود بخامة البرونز ، وكان مقرراً له بأن يكـون علـى ارتفاع 12 متراً . إلا أنه لم ينفذ .

شكل الفنان في ذلك العمل ثلاث جمال يأخذ كلاً منها مقاس مختلف عن الآخر ، وتجتمع ثلاثتهما في أربع صفات وحدها فيما بينـها ، كالوضـع الطـولي (العـامودي) والاستطالة المبالغ فيها للأرجل والتي يظهر فيها تأثره بأعمال الفنان جياكوميتي ، والفورم (Form) الهيكل الأساسي للجمال ، كما وحد الملامس الموجودة على سـطح تلـك الهياكل . وأخيراً وحد لون السبيكة البرونزية التي سبك ا الجمال الثلاثة ، ونلاحظ أن قاعدة ذلك التشكيل البرونزي اختارها الفنان من الرخام الطبيعي ذات لون أخضر عشبي مموه بالرماديات ، لتتعايش مع العمل المصبوب نفسه ، كما أنه لم يؤثر أو يخل بتلك الأشكال التي وضعت على سطحها . وعند تأملنا لذلك العمل نلحظ استخدام الفنان الخطوط القوية إلى جانب الخطوط المنكسرة مما أعطى تناغماً حسياً للعمل ، قابله إنخفاضات فراغية حدت من ثقل الكتله التي تعلوها فنلاحظ في ذلك تحقيقاً لتكامل الرؤية التشكيلية إلى جانب القيمة الجمالية والقيمة المعنويـة حيث رمز الفنان بتلك الأشكال التجريدية المبسطة إلى التقدم والحضارة العربية الـتي أنطلقـت مـن الصحراء في صحبة تلك الجمال الأصيلة والصابرة على الجوع والعطش ، لتصبح ركباً مصاحباً لكـل تقدم حضاري وتكنولوجي .

شكل (121)
يوضح مجسم برونزي أطلق علية
" سفينة الصحراء "
(فارسي ، 1989م ، صـ 80)

أما من حيث تأثير الأضواء على سطح العمل البرونزي ككل فإنه استقطبه واحتفظ بأكبر جزءٍ منه داخل العمل بينما عكس القليل منه نتيجة تلك البروزات وملامس السطح .

9- الفنان حامد جبريل سعد (Hamed Jebrial Saad) :

ولد الفنان حامد جبريل سعد في جمهورية مصر العربية عام 1951م ، حصل على درجة البكالوريوس في فن النحت عام 1974م ، والماجستير عام 1980م والتي كان موضوعها " القيم التشكيلية في النحت بالمعادن " ، والدكتوراه عام 1986م بعنوان " الطرق المستحدثة في استخدام اللدائن والبلاستيكات في التشكيل النحتي " . له العديد من المشاركات الفنية في المعارض الجماعية والمعارض الشخصية ، وله مجموعة أعمال مقتناة . يعمل أستاذاً بقسم النحت بكلية الفنون الجميلة بجامعة الاسكندرية .

له العديد من الأعمال البرونزية منها شكل (122 ، 123 ، 124 ، 125) وسيتم تحليل عمليين منها .



شكل (122)

يوضح مجسم برونزي أطلق علية " أمومه "



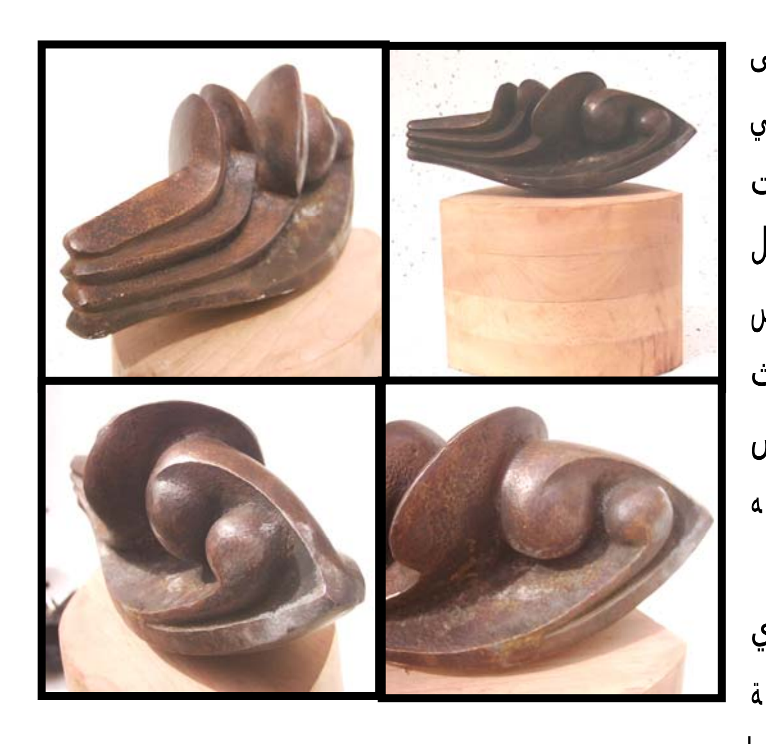
شكل (123)

يوضح مجسم برونزي أطلق علية " طائر "

تحليل العمل البرونزي الأول :

شكل (124) أطلق على ذلك العمل اسم " السمكة " نفذه الفنان حامد جبريل من خامة البرونز ، بتقنية سباكة الشمع المفقود .

ويأخذ ذلك العمل الوضع الأفقي ، ويظهر أنه مقسم عرضياً على أربع خطوط كون كل منها مساحة عرضية , تأخذ استقامة خطية تتبعها إنحناءة خطية مكونه الشكل الدائري ، وحقق من خلال ذلك ، التناغم والإيقاع المستمر مع حركة تلك الخطوط المستقيمة كما استطاع الفنان من خلال تلك



شكل (124)
يوضح مجسم برونزي أطلق علية " السمكه "

المعالجة الخطية اصطحاب المـشاهد إلى لغة الشكل والمضمون الشكلي الـتي تتضمنها الفكـرة حيـث تجـاورت الأسطح والخطوط في كتلـة العمـل مكونه كتلة كروية دائرية بمثابـة رأس لتلك السمكة أو مقدمتها ، ثم ثـلاث كتل دائرية متتالية بعضها وراء بعـض وكل شكل كروي أو دائري يلحقـه خط مستقيم ملفوف .

وعند تأملنا لذلك الشكل البرونزي التجريدي نشعر بالحركـة الإيهاميـة الهادئة المتولدة عن تتابع وتكرار الخطوط التى تضمنها العمل . إضافةً إلى المعـاني الضمنية المتولدة عن الفكرة والمعبر عنها " السمكة " التي تدعو خيال المشاهد إلى تأملها بدقة لاكتشافها وإعطائها صفاتاً وأبعاداً جديدة يطرحها عليها بوعيه وشعوره ، ونلاحظ إن الفنان لون ذلك التشكيل البرونزي بالتبتين الكيميائي ، كما أننـا ندرك استقطاب العمل للضوء الساقط عليه وتوغله فيه نتيجة تعدد مستويات الأسـطح بالإضـافة إلى الملامس البسيطة على سطحة .

تحليل العمل البرونزي الثاني :

شكل (125) نفذه الفنان على هيئة تشكيل بارز وغائر بتقنية سباكة الرمل بخامـة الألومنيـوم شكل النموذج الأساسي من الجبس ، ويظهر تأثر الفنان في ذلك العمـل بـالفن المـصري القـديم (الفرعوني) ، من خلال الهيكل التجريدي المبسط ، والمبالغة في استطالة الأشكال الآدمية أو اختلاف الخط الخارجي لبعضها ، كما أننا نلاحظ براعة الفنان في تقسيم سطح العمل إلى مـساحات متنوعـة مابين المستطيل والمربع ، مستخدماً الشبكية غير المنتظمة لتقسيمها ، حيث شـغل تلـك المـساحات بوحدات مجردة لهياكل أدمية ، وهنا يظهر عنصر التشويق في العمل نتيجة استخدامه التكـرار لمفـرده واحدة بإيقاع متدرج ، وذلـك بـتغير معالمهـا الخطيـة أو الهيكليـة أو المـساحات العرضـية أو

الحجمية . فيجد الرائي في كل مرة عنصراً مختلفاً لم يكد يراه كما يدعوه للانتقال وتأمل أجزاء العمـل بدقة محاولاً اكتشاف عنصر مختلف ، وفك رموزها التعبيرية .

ويظهر بوضوح ارتفاع تلك الرموز والعناصر عن أرضية أو خلفية الشكل ، وقد استطاع الفنان في هذا العمل تحقيق عدة خصائص كالتباين بين الغائر والبارز والوحدة في العمل عن طريق انصهار ايات الأشكال وإذابتها مع الأرضيات ، إضافةً إلى تحقيقة الوحدة في الملمس الخشن الذي استخدم الفنان فيه عملية الطرق على السطح للحصول على تلك النتيجة ، كما أنه حقق فيها التـوازن بـين الأشـكال والخلفيات . والتناغم المتمثل في تلك الأشكال في مساحة مربعة مغلقة أو مفتوحـة وتـارة آخـرى احتضنت في مساحة مستطيله فشكلت إيقاعاً متناغماً مع العمل . وقد استخدم الفنان ألـوان الـرش _ الدوكو _ البنية والخضراء لتبتين العمل . فكانت تلك الطريقة برش العمل كلياً ثم صـقله بفرشـاة سلك تعمل على إزالة البوية عن المناطق البارزة ، أما المناطق الغائرة نتيجة التطريـق أخـذت اللـون الأخضر الداكن . ونلاحظ أن ذلك التشكيل يمتص الضوء الساقط عليه نتيجة السطح الخـشن بينمـا تعكس المناطق الناعمة القليل من ذلك الضوء .



شكل (125)

يوضح رليف غائر وبارز نفذة الفنان حامد جبريل سعد من خامة الألومنيوم

10- الفنان جواد سليم (Jewad Selim) :

ولد الفنان العراقي جواد سليم في أنقرة عام 1921م واشتهرت عائلته بالفن والرسم ، نال الجائزة الفضية في النحت وهو عمره 11 عاماً في أول معرض للفنون ببغداد عـام 1931 ، ثم ابتعـث إلى باريس عام 1938م لدراسة فن النحت . وفي عام 1946م درس النحت في مدرسة سـليد بلنـدن وواصل دراسته الفنية في النحت على يد الفنان هنري مور بانجلترا وعاد بعدها إلى بغداد عام 1949م ، وفي عام 1950م أقام أول معرض شخصي له هناك ثم أسس جماعة بغداد للفـن الحـديث عـام 1951م ، ثم أصبح رئيساً لقسم النحت في بغداد ، افتتحت له عدة معارض شخـصية في واشـنطن وشيكاغو ونيويورك ومدن أخرى ، كما شارك في العديد من المعارض الجماعية .

صدرت عدة بحوث عنه وعن فنه ، وكتب عنه العديد من الكتاب والفنانين وأقيم له معرض شامل لاعماله في المتحف الوطني للفن الحديث بعد وفاته ببضع شهور , ومن أشهر أعماله النحتيـة نـصب السجين السياسي ا هـول ، والإنـسان والأرض ونـور وفلاحـة ، ونـصب الحريـة --- إلخ شكل (126) .

وكان جواد سليم نحاتاً ورساماً تجريدياً بارعاً في اللون والخط والحركة واسـتطاع أن يعـبر عـن المضمون الشرقي بأسلوب حديث ، حيث ساهم بتشكيل الرؤية الواضحة لبدايات الفـن المعاصـر في العراق عن طريق وعيه بالتاريخ والتراث , ومحاولة إيجاد توازن بينهما وبين تنوع الأساليب المعاصرة في العالم ، كما كان يؤكد على أهمية إستلهام وحدات التراث من القيم الـسومرية والآكديـة والبابليـة والأشورية والعربية والإسلامية سواءً على المستوى النظري أم ضمن تجاربة الفنية ودعواته الفكريـة في الخمسينات ، ويتعامل معها ببساطة وتجريد يبرز من خلالها دلالات تعبيرية ، فكان يبلور رؤيته للقـيم والمفردات والوحدات الزخرفية الإسلامية ، حيث وجد في الأقواس شيئاً من النظام الكلي للكـون في شكل دائرة وكان يختزل الكثير من الملامح في الوجوه والأشخاص وفي الأشياء الطبيعيـة ، فنجـد أن تلاحمه مع تلك الأشياء شكل أسلوبه الخاص وتميزه الذي حاول من خلالها البحث عن علاقة تربط بين روحية استلهامه للتاريخ العراقي القديم وبين طبيعة وأشكال العصر ، فدلت قدرته تلك على وجود فنان عربي استطاع بحاسيته أن يشير للفن في العراق ببعض ملامحه وواقعيته وبعده القومي والإنساني .

تحليل العمل البرونزي :

شكل (126) أطلق على ذلك الصرح الجداري " نصب الحرية " وهو عبارة عن جدارية عليهـا مجموعة من الأعمال المنفذة بطريقة التشكيل البارز في خامة البرونز ، وذلك النصب موجود حاليـاً في

ساحة التحرير (الباب الشرقي) ببغداد (من أشهر ساحات بغداد) . بدأ الفنان جواد بدراسة أولية "لنصب الحرية " في عام 1959م ، ثم سافر إلى فلورنسا في إيطاليا لصب أجزاء النصب ، وفي عام 1961م عاد إلى بغداد وبدأ بوضع قطع النصب في مكانها ، وأثناء وضعه لتلك الأجزاء البرونزية تعرض لازمة قلبية شديدة أودت بحياته عام 1961م , وفي عام 1962م أزيح الستار عن ذلك النصب .

ويتألف " نصب الحرية " من أربع عشرة وحدة من التشكيل البارز موضوعة على إفريز (جدار) عرضي يبلغ طوله خمسين متراً وأرتفاع ثمانية أمتار , وهو من أضخم النصب وأكبرها منذ سته وثلاثين قرناً من الخلفيات التاريخية للعراق في وقته . ففي نصب الحرية تتضح مهارة الفنان في تحقيقة الرؤية الفنية لمثل هذا الموضوع التاريخي الحضاري المميز وما له من بعد مستقبلي على واقع الحركة التشكيلية . ذلك لان الفنون التشكيلية (فنون مستقبلية) تحتاج إلى فترة طويلة لكي تفصح عن دورها وتميز أثرها وتبلور فلسفتها وتحدد منطلقها كما تعكس تلك الملاحظات الادراك العميق للعمل التشكيلي ، واكتشاف البصيرة الفنية والخيال الواسع والثقافة التي بلورت خلاصات هامة بين التراث (الخلفيات التاريخية) وبين رؤية العصر وطبيعته التكنولوجية . فاستطاع الفنان جواد رفع نفسه وما يحيطه من وسائل محدودة إلى مستوى الخبرة وسعة التبادل العالمية للفن .

ونلاحظ عند تأملنا لنصب الحرية استفادة جواد من الفنان الإنجليزي هنري مور في أسلوبه لنحت الشخوص ، كذلك من الفنان بيكاسو وخاصةً من الجيرانيكا الشهيرة ، في أخذه الحصان الذي رمز لثورة العشرين في ملحمة الحرية ، والمرأة الرافعة كلتا يديها ، وعنف الحركة التعبيرية منه ، وعلى الرغم من ذلك فإن العمل كاملاً لا نرى فيه أى تأثير منسوخ ، بل هو عمل خاص ومميز للفنان جواد سليم .

فعند النظر إلى ذلك النصب من اليمين إلى اليسار نرى كتله برونزية يتبعها فراغ ثم كتله برونزية آخرى --- وهكذا ، وإن هذا الفراغ الذي يتبعه كتله والارتفاع بالأشكال ثم الانخفاض أكدت الحس الإيقاعي والحركي في روح العمل البرونزي ، وأن هذه الحركة والتوقف والارتفاع والهبوط تجعلنا قادرين على أخذ أي جزء من الملحمة البرونزية ومعاملتها كعمل فني نحتي مستقل ، دون أن يؤثر ذلك إطلاقاً على النسق الفني التام والعلاقة الوطيدة بين كل جزء من أجزاء ذلك العمل عند النظر إليها كامله مرة واحده .

ويظهر من خلال ذلك العمل قدرة الفنان العالية لإعطاء الأشخاص الحركة الإيهامية التي ميزت كل شخص عن الآخر ، وبعثت في المشهد الشعور بالحياة والنسق الفني المشترك العالي الذي نراه في النصب ، فنجد في معالجته للقطع الأربع عشرة أن النصب يتألف من ثلاث بؤر أساسية : **البؤرة الأولى**

هي الجندي الذي يقع في وسط النصب تماما وهو يفتح باب السجن - العراق - ومن موقـع هـذه البؤرة يمكن الانطلاق يمينا وشمالاً لدراسة تأثيرها علي بقية مفردات النصب . **البؤرة الثانية** هي السياق التاريخي الزمني لمفردات النصب ، وعندئذ يمكن الانطلاق من بؤرة الثور ورموز التـراث الـسومري والبابلي القديمة ، وصولا إلى رموز الوقت الحاضر الجندي الذي اقتلع السجن ليحرر العراق ، وقد نجد في دراسة مثل هذه البؤرة تنقلا بين مفردات النصب لا يحكمها سياق فني أو تكويني معين ، فالزمن لا يسير باتجاه واحد ، وأن بدا لنا أرقاما متراكمة ، وإنما هو قفزات متعاقبة ومتدرجة وما بين القفزات ثمة مناطق راكدة أو متجاوز عليها . **البؤرة الثالثة** هي المرأة الأم والمرأة الرمز باعتبارها بؤرة مولدة لكـل الخصب في الرافدين منذ القدم وحتى اليوم ، وعندئذ لن يكون السياق الذي وضع فيه متدرجا وفق هذه الثيمة ، فرمزية الأم موجـود في الثور وفي الخيل وفي الـزرع وفي الجنـدي وفي الطفـل وفي الرافدين--- الخ لـذلك تعـد دراسة الأم ومفهومها القار بمثابة البؤرة المنتشرة في كل مفـردات النصب فلم تخل مفردة من رمزية الأم والطفل إن كانت واضـحة أو مضمرة .



شكل (126)

يوضح جدارية تحتوية على مجموعة من السمات البرونزية أطلق علية " نصب الحرية "[257]

ولهذا نـستطيع النظـر إلى النصب كاملاً لنجد كل جـزء فيه يكمل الآخر بجانبه وذلك في تكوين متماسك صلد ، فحـين يقف المشاهد أمام نصب الحرية في بغداد لمسافة عدة أمتار عنـه لغرق في شعور من الرغبـة في التحرك والارتفاع والمشي بـين شخوص المنحوتة البرونزية والتي هي أشكال درامية تحكي قصصاً تدعونا إلى لمسها والحركة معها والعيش في تـاريخ نـضال الـشعب العراقي في سبيل الحرية .

257 http://www.iraqiartist.com/Archive/Jewad_Selim/Jewad_Selim.htm

ثانياً : التجربة التطبيقية للباحثه

بعد أن تم التعرف على عدة تقنيات لتشكيل وسباكة المعادن في المبحث الثالث من الفـصل الثـاني اختارت الباحثة تطبيق تقنيتين من تلك التقنيات وهي تقنية سباكة الرمل ، وتقنيـة سـباكة الـشمع المفقود ، كنقطة تطبيق للأطر البحثية المطروحة . وذلك لتكون محل تطبيق هـذه الدراسـة البحثيـة للخروج بنتائج مختلفة تثري مجال التطبيق , حيث إنه من نتاجها نحصل على قيم فنية قد لا تتـوافر في غيرها من التقنيات الآخرى ، كالارتكاز على نقطة أو تقبل السطح المسبوك للمعالجـات اللونيـة أو الطلاء أو الحفر أو الطرق --- إلخ ، وذلك إلى جانب القيمة الفنية والتعبيرية والجمالية .

فقد تم في الفصل الثاني التعرف على كل مايتعلق بتلك التقنيتين إبتداءً من نقطة تكوين القالب ومـا يتبعها إلى صب المعدن وإ اء و ذيب المسبوكة . وفي هذا الفصل يتم التطبيق العملي لتلك التقنيـتين : سباكة الرمل وسباكة الشمع المفقود ، والتي تم تنفيذهما بالتشكيل المباشر ، سواءً باستخدام الشمع (في تقنية سباكة الشمع المفقود) أو الجبس أو الخشب المصنع M.D.F (في سباكة الرمل) ، ثم طبقـت بعض المعالجات على سطح تلك الأعمال ا سمة كالحفر والطرق والطلاء والتلوين والصقل كمتغيرات متنوعة على السطح .

وقسمت الباحثة التجربة التطبيقية إلى مجموعتين لتتبع تجارب كل مجموعة تقنية واحدة وهي كما يلي :

1- خمس مجسمات للمجموعة الأولى (الخاصة بتقنية سباكة الرمل) .
2- إثنا عشر مجسماً للمجموعة الثانية (الخاصة بتقنية سباكة الشمع المفقود) .

1- **مجسمات المجموعة الأولى (الخاصة بتقنية سباكة الرمل) :**

اختارت الباحثة مجموعة من التصميمات لتطبيقها باستخدام تقنية سباكة الرمل التي تتميز بالحصول على أكثر من نموذج برونز ، فقد استخدمت خامتين لتنفيذ نماذج تلك الأعمال وهي خامـة الجـبس وخامة الخشب M.D.F .

كما أنه تم تطبيق مجموعة من المعالجات المختلفة على تلك الأعمال المصمتة ، والتي تمت سباكتها بدقـه في مسابك خاصة تقوم بإجراء هذه العملية التي تم التعرف على خطوا ا في صـ 89 (في الجزء الخاص بسباكة الرمل في المبحث الثالث من الفصل الثاني) ثم تنتقل لمرحلة معالجة السطح من قطع المـصبات

وقنوات الهواء ثم التنظيف ومعالجات أخرى طبقة على أسطح تلك الأعمال والتي يتم التعرف عليها من خلال التطرق لكل تجربة من تلك التجارب كما يلي :

ا سم الأول :

ويطلق عليه " السمكة " نفذت من خامة البرونز **نسختين** ، إرتفاعهـا 18.5سـم ، وعرضـها 24 × 2.5سم .

خطوات تنفيذ العمل البرونزي ا سم (السمكة) :

1- عمل تصميم لشكل النموذج المطلوب تطبيقه .

2- نفذ النموذج بخامة الخشب M.D.F ، وذلك بعد رسم التصميم على قطعة من الخشب ثم تخليص كتلة العمل من باقي أجزاء القطعة الخشبية باستخدام المنشار الكهربائي (الترددي) .

3- تخليص كتله العمل من بعض الأجزاء لتأخذ الشكل الانسيابي وذلك باستخدام المشرط .

4- بعد الانتهاء من عمل التفاصيل على السطح ، استخدم لتسوية السطح المبرد ثم الصنفره ، ثم دهـن السطح بطبقة رقيقة من غراء الخشب شكل (127 _ أ) .

5- سبك العمل في مسبك خاصة ينفذ عملية السباكة ، حيث نسخ منه نسختين من البرونز .

6- ثم طلاء **النموذج البرونزي الأول** بطبقة من طلاء الذهب بالترسيب الكهربائي (طلاء كهربائي) شكل (127 _ ب) ، والذي ذكرت تركيبته في صـ 180 (التركيبة الأولى) .

7- أما **النموذج البرونزي الثاني** فتمت معالجة سطحه بطريقة الحفر الكيميـائي باسـتخدام حمـض النيتريك المخفف بنسبة 3/1 وذلك بعد أن نظف العمل من أثر المواد الدهنية ثم نقل التصميم الـذي يحمل لفظ الجلالة على السطح المصقول باستخدام الكربون ، ثم استخدمت مادة الكوتنج (التي تتكون من الأسفلت والشمع و البرافين) في تغطية الأجزاء المطلوب بقاؤها لامعة .

8- غمر النموذج البرونزي في حوض المحلول لمدة 60 دقيقة ، مع الاسـتمرار في تحريـك المحلـول الحمضي باستخدام ريشة طائر .

9- رفعت القطعة البرنزية من المحلول الحمضي وغسلت بالماء الجاري ، ثم مسحت بقطعة قطن مبللـة بالبـ ين . ثم نظفت ولمعت بـ(Brasso) ملمـع خـاص بتلميـع المعـادن لتظهـر كمـا في شكل (127 _ ج) .




شكل (127 _ أ)

يوضح النموذج الخشبي " **السمكة** " جاهزاً لسبكه




شكل (127 _ ب)

يوضح **النموذج** البرونزي **الأول** " **السمكة** " بعد طلائه كهربائياً بطبقة من الذهب




شكل (127 _ ج)

يوضح **النموذج البرونزي الثاني** " **السمكة** " بعد الحفر على سطحه باستخدام حمض النيتريك

ا سم الثاني :

" نصف دائرة ومثلث " نفذت منه نسختان ، أبعادها 16.5 × 4سم وارتفاعها 20سم .

خطوات تنفيذ العمل البرونزي ا سم (نصف دائرة ومثلث) :

1- تصميم نموذج للعمل لتنفيذه .

2- نفذ التصميم على ثلاثة قطع من الخشب المصنع M.D.F ، حيث تأخذ قطعتان منـها شـكل نصف دائرة ، والقطعة الثالثة تأخذ شكل نصف الدائرة ويعلوها مثلث .

3- نقل التصميم على قطعة الخشب ، وخلصت كل قطعة من التصميم منفصلة عن الأخرى باستخدام المنشار الكهربائي .

4- شكلت كل قطعة بدقة باستخدام المشرط ثم بردت كل قطعة منها بدقة ، ثم جمعت القطع الثلاثـة مع بعضها البعض باستخدام غراء الخشب .

5- استكمل التشكيل على واجهتي العمل التي تشكل كل منها من نصف دائرة ، وذلك باسـتخدام الأدوات الخاصة بالحفر على الخشب وبعد الانتهاء من عمل التفاصيل على النموذج غُطي بطبقة رقيقة من غراء الخشب ويظهر النموذج الخشبي جاهزاً لسبكه كما في شكل (128 _ أ) .

6- تم إجراء العمل في مسبك خاص بسباكة الرمل ، تم تنفيذ **نسختين** من العمل .

7- أجريت **النسخة البرونزية الأولى** بنفس الملامس التي على النموذج الخشبي ، حيث إنه لم يخـضع لعملية التلميع والتنظيف غير أنه قطعت المصبات وقنوات الهواء .

8- وضع النموذج البرونزي في حوض محلول حمض النيتريك لمدة 30 دقيقة ، ثم أخرج من المحلـول وغسل بالماء الجاري والصابون السائل لتخليصة من أثر محلول الحامض ثم ترك بعد غسله ليجف طبيعياً مما نتج عنه بتين طبيعي نتيجة الرطوبة كما يظهر في شكل (128 _ ب) .

9- أما **النسخة البرونزية الثانية** من العمل " نصف دائرة ومثلث " سبكة نحاس أصفر ، وهذه النسخة بعد سباكتها وقطع مصبات وقنوات الهواء خضعت لعملية معالجة السطح مـن التنظيـف والـصنفرة الشديدة والتلميع والصقل ، مما نتج عنه سطح لامع وناعم (أي اختفت الملامس الأساسية التي علـى سطح النموذج الخشبي) شكل (128 _ ج) ، وقد طبق الحفر الكيميائي على هذه القطعة بمستويين.

10- رسم تصميم على سطح العمل ثم غُطيت الأجزاء المطلوب بقاؤهـا لامعـه بمـادة الكـوتنج شكل (128 _ د) .

11- وضع العمل في محلول حمض النيتريك بداخل الحوض لمدة 30 دقيقة ، ثم نشل العمـل وغـسل بالماء الجاري ، ثم مسح بقطعة قطن مبللة بالبنزين لإزالة أثر مادة الكوتنج ، نظف بعدها العمل ولمـع بالملمع الخاص بذلك ويظهر في شكل (128 _ هـ) المستوى الأول من الحفر .

12- غطت مساحات داخل الحفر الأول (في الأجزاء اللامعة) بمادة الكوتنج لعمل المستوى الثاني من الحفر ، ثم غمرت داخل محلول حمض النيتريك لمدة 15 دقيقة ، ثم نشلت و غسلت بالماء ، ومـسحت بقطعة قطن مبللة بالبنزين ثم لمعت لتظهر في شكلها النهائي شكل (128 _ و) .



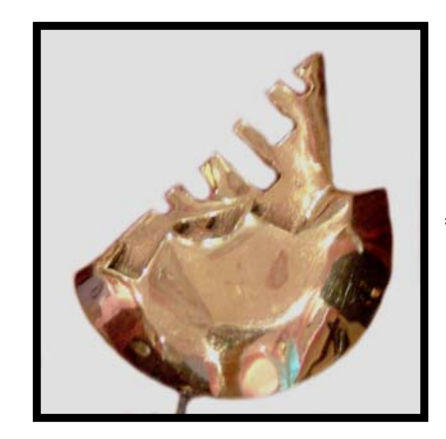
شكل (128 _ أ)

يوضح شكل النموذج الخشبي بعد إنهائه " **نصف دائرة ومثلث** "




شكل (128 _ ب)

يوضح **النسخة البرونزية الأولى " نصف دائرة ومثلث "** ويظهر عليها أثر البتين

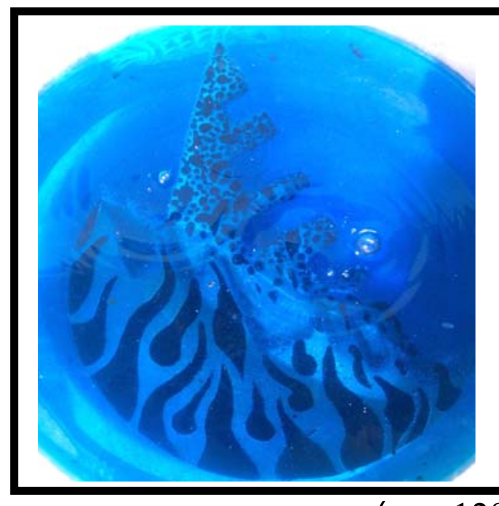


شكل (128 _ ج)

يوضح **النسخة البرونزية الثانية**

" نصف دائرة ومثلث "

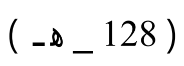
وتظهر لامعة مصقولة (استعداداً لعمل مستويين للحفر على سطحها)




شكل (128 _ د)

يوضح تطبيق مادة الكوتنج على السطح ، ثم وضع النسخة البرونزية بداخل حمض النيتريك لمدة 30 دقيقة




شكل (128 _ هـ)

يوضح مستوى الحفر الأول ، ثم تغطية السطح بمادة الكوتنج لتطبيق مستوى الحفر الثاني



شكل (128 _ و)

يوضح **النموذج البرونزي الثا**ني **" نصف دائرة ومثلث "** بعد ا ائه

ا سم الثالث :

ويطلق عليه " البطة " نفذت منه **نسختان** ، أبعادها 18.5 × 3سم وارتفاعها 16سم .

خطوات تنفيذ العمل البرونزي ا سم (البطة) :

1- عمل دراسه لتصور ا سم المقترح .

2- نفذ النموذج من خامة الخشب الصناعي M.D.F ، حيث نقل التصميم على قطعة الخـشب ثم خلص الشكل باستخدام المنشار الكهربائي .

3- شكل النموذج بتلك الخامة _ الخشب _ حيث تم التخلص من أجزاء كبيرة منه باستخدام المشرط وأدوات الحفر على الخشب .

4- بعد الانتهاء من عمل التفاصيل استخدم لتسوية السطح وتنعيمه المبرد الخشابي ثم الصنفرة للتخلص من رواسب البرد ، ليطلى بعدها العمل بطبقة رقيقة من غراء الخشب وهكذا أصبح النموذج الخـشبي جاهزاً لسبكه شكل (129 _ أ) .

5- سبك من النموذج **نسختان** في مسبك خاص يقوم بإجراء عملية السباكة .

6- بعد الحصول على **النسخه البرونزية الأو**لى بقيت كما هي بعد صبها (أي بملامس حبيبات الرمل على سطح) شكل (129 _ ب) حيث تم إجراء بعض المعالجات الملمسية باستخدام تقنيـة الحفـر بالأحماض واستخدام مادة العزل _ الكوتنج _ لتنفيذ الحفر الكيميائي كما في شكل (129 _ ج) .

7- تم غمر النموذج البرونزي في محلول مخفف من حمض النيتريك لمدة 90 دقيقة ، ثم أخرج وغـسل بالماء الجاري لتخليصه من بقايا محلول الحامض وبعد تجفيفه تم إزالة مادة العزل _ الكوتنج _ باستخدام محلول البـ ين لتظهر كما في شكل (129 _ د) .

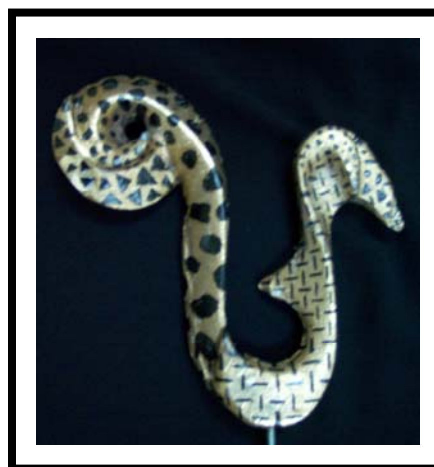
8- تم معالجة سطح النموذج البرونزي الثاني من خلال تلميع وصقل السطح كمتغير سطحي ، كمرآه تعكس ما حولها من أشياء شكل (129 _ هـ) .

شكل (129 _ أ)

يوضح النموذج الخشبي " **البطة** " جاهزاً لسبكة



شكل (129 _ ب)
يوضح **النسخة البرونزية الأولى " البطة "** قبل تطبيق الحفر عليه





شكل (129 _ ج)
يوضح تغطية النموذج بالمادة العازلة _ الكوتنج _ استعداداً لوضعها في محلول الحامض





شكل (129 _ د)
يوضح شكل **النموذج البرونزي الأول " البطة "** بعد إ ائه



شكل (129 _ هـ)

يوضح **النموذج البرونزي الثاني " البطة "** ويظهر واضحاً آثر التلميع والصقل الشديد الذي نتج عنه انعكاسات الأشياء من حوله

ا سم الرابع :

ويطلق عليه " الحمامة " نفذت من الألومنيوم ، أبعادها 16 × 4سم وارتفاعها 8سم .

خطوات تنفيذ العمل ا سم (الحمامة) :

1- رسم التصميم حسب تصور الجسم المقترح .

2- شكل النموذج باستخدام خامة الجبس .

3- بعد جفاف النموذج الذي تم تشكيله أُزلت بعض المناطق لعمل الشكل المطلوب باستخدام الأدوات (الضفر) الخاصة بالتشكيل ، ثم استخدم المبرد لتسوية سطح النموذج ثم استخدمت الصنفرة للتخلص من بقايا عملية البرد ، دهن بعدها النموذج بطبقة رقيقة من غراء الخشب ليظهر كما في شكل (130 _ أ) .

4- تم سباكة النموذج في مسبك خاص بسباكة الرمل ، حيث تم صبه من الألومنيوم كما في شكل (130 _ ب) ويظهر شكله مصقولاً بعد أن تم تنظيفه وتنعيمه وتلميعه .

5- استخدم أسلوب الطرق باستخدام الأدوات المعدنية على السطح لإعطاء ملامس مختلفة على السطح .

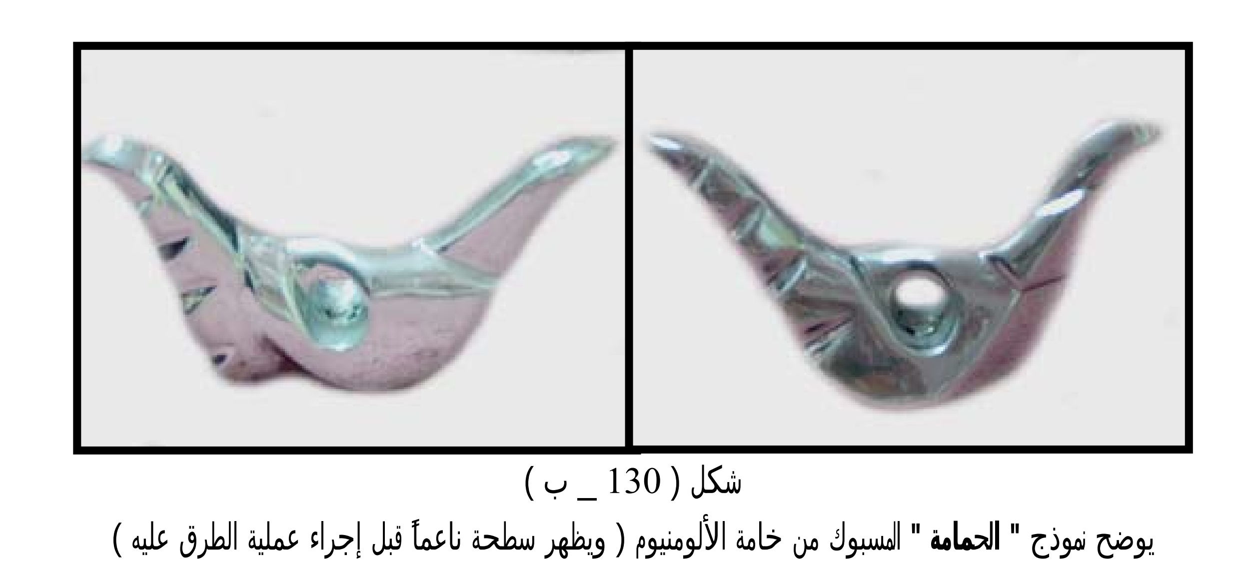
7- بعد الانتهاء من عملية معالجة السطح باستخدام أسلوب الطرق غمر العمل في محلـول كيميـائي يتكون من الأكاسيد ذكرت تركيبته في صـ 193 ونتج عنه بتين رمادي غامق .

8- استخدمت قطعت من السلك بحركة دائرية على السطح لإزالة البتين عن الأجزاء البـارزة (غـير المطروقه) لتظهر كما في شكل (130 _ ج)



شكل (130 _ أ)

يوضح النموذج الجبس جاهزاً لسبكه " **الحمامة** "



شكل (130 _ ب)

يوضح نموذج " **الحمامة** " المسبوك من خامة الألومنيوم (ويظهر سطحة ناعماً قبل إجراء عملية الطرق عليه)



شكل (130 _ ج)

يوضح النموذج " **الحمامة** " بعد إ ائه وتلوينه

ا سم الخامس :

" تكوين " نفذ العمل من قطعتين مختلفتين في التفاصـيل أبعـاد **العمـل الأول** 5 × 1.3سـم ارتفاعه 16.5سم ، وأبعاد **العمل الثاني** 6 × 1.3سم وإرتفاعه 18.5.

خطوات تنفيذ العمل البرونزي ا سم (تكوين) :

1- عمل رسم تحضيري لتصور الشكل المقترح تنفيذه .

2- تنفيذ ا سم من خامة الخشب الصناعي M.D.F . وذلك بعد نقل التصميم على قطعة الخـشب وتخليص الشكل منه باستخدام المنشار الكهربائي .

3- شكلت كل قطعة من العمل على حدة باستخدام المشرط والأدوات الخاصة بالحفر .

4- بعد الانتهاء من عمل التفاصيل يبرد ا سم باستخدام المبرد الخشابي ثم بالصنفرة لتسوية السطح تماماً ثم يغطى النموذج الخشب بطبقة رقيقة من غراء الخشب شكل (131 ـ أ) .

6- سبك كلا النموذجين في مسبك مخصص بسباكة الرمل حيث نسخ من **النموذج الأول** نـسختان برونز ، طبق على النسخة الأولى منها طلاء بالنيكل (بالترسيب الكهربائي) تم ذلك بعـد تنظيفهـا وتنعيم سطحها شكل (131 _ ب) ، أما النسخة البرونزية الثانية فقيت كما هي دون صقل أو تنعيم لسطحها (أي بملمس حبيبات الرمل) شكل (131 _ د) .

أما **النموذج الثاني** فتم عمل ثلاث نسخ منه ، وتم سبك النسخة الأولى منه نيكل ، وعولج سطحها بالتلميع وصقل الشديد فظهر سطحها كمرآة تعكس ماحولهـا شـكل (131 _ ج) ، وعملـت نسختان من البرونز ، تركتا كما هما دون صقل أو تنعيم (أي بملمـس حبيبـات الرمـل) شـكل (131 _ د) ، بينما طبقت معالجة أخرى علىسطح النسخة الثانية بتلوينها بالبتين الرمادي الغـامق شكل (131 _ هـ) مثل نموذج " الحمامة " .



شكل (131 _ أ)

يوضح النموذج الخشبي " **تكوين** " جاهزاً لسبكة



شكل (131 _ ب)
يوضح **النسخة الأولى من النموذج (الأول)**
" **تكوين** " رسب عليه طلاء من النيكل

شكل (131 _ ج)
يوضح **النسخة الأولى من النموذج (الثاني)**
" **تكوين** " سبكة من خامة النيكل

شكل (131 _ د)
يوضح النسخة **الثانية لكلاً من النموذجين (الأول والثاني)** بملامس حبيبات الرمل

شكل (131 _ هـ)
يوضح **النسخة الثالثة من النموذج (الثاني) " تكوين "** ويظهر علية أثر البتين واضح

2- **مجسمات المجموعة الثانية** (**الخاصة بتقنية سباكة الشمع المفقود**) :

اختارت الباحثة هذه التقنية لتطبيق مجموعة من الأعمال البرونزية والتي استخدم فيها الشمع كخامة أساسية لتشكيل نماذج تلك ا سمات البرونزية وقد ذكرت تركيبة الشمع المـستخدم في صـ ـ 103 (التركيبة الرابعة) وتتكون من 1 شمع عسل ، 1شمع برافين ، 1 ملح قلفونية . وتستخدم هذه التركيبة في التشكيل المباشر بالشمع وهو في صورة شرائح شمعية تباع لهذه التقنية ، ونحصل من خلالهـا علـى نسخة برونزية واحدة فقط* .

وقد نفذت جميع أعمال هذه التقنية مصمتة ، كما أ ا سبكت باتباع نفس الخطوات الدقيقة لتقنية سباكة الشمع المفقود** والتي تم شرحها في صـ 121 (الجزء الخاص بسباكة الشمع المفقود في المبحث الثالث من الفصل الثاني) ، من خامة البرونز، وبعد الانتهاء من عملية السباكة تم قطع المصبات وقنوات الهواء ، ثم خضعت جميع تجارب هذه التقنية لعملية التلوين (التبتين الكيميائي) باستخدام تقنية الغمـر إلا أ ا تختلف في تركيبة ذلك المحلول والذي سيتم التعرف على تركيبته عند عرض كل تجربة منها .

ا سم الأول :

ويطلق عليه " العين " نفذت في خامة البرونز ، أبعادها 15 × 5سم ارتفاعها 7سم .

خطوات تنفيذ العمل البرونزي ا سم (العين) :

1- تم عمل رسم تحضيري لتصور الشكل المقترح للعين .

2- تشكيل نموذج للعمل ا سم باستخدام الشمع ، والذي تم بناؤه باستخدام الشرائح والقطع الشمعية حيث تم تجميعها ولحام القطع مع بعضها البعض باستخدام أداة اللحام الكهربائية (الكاوية) .

3- بعد الإنتهاء من بناء ا سم " العين " تأتي مرحلة وضع التفاصيل والتي طبقت على سطح النموذج الشمعي باستخدام الضفر على السطح الشمعي بعد تسخينها (الكاوية) ليظهر النمـوذج الـشمعي جاهزاً كما في شكل (132 _ أ) .

---

* لان النموذج الشمعي فقد (أي صهر) نتيجة تحميص الدليك ، لذلك أطلق على هذه التقنية " سباكة الشمع المفقود " .

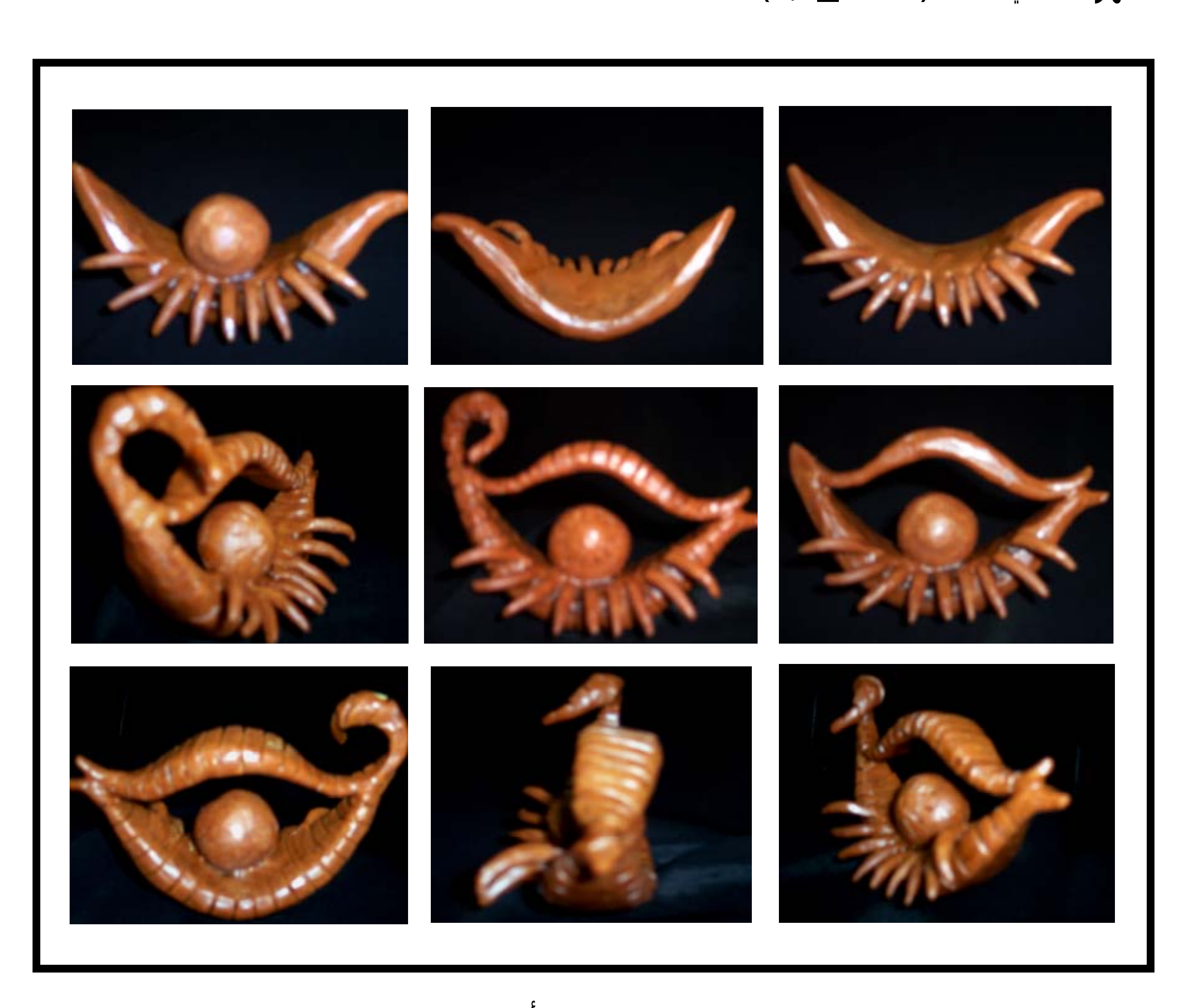
** ملاحظة / تمت سباكة جميع أعمال تلك التجربة الخاصة بتقنية " سباكة الشمع المفقود " في جمهورية مصر العربية لعدم توفر مسابك تقوم بإجراء هذه العملية (السباكة) في السعودية .

4- سبك النموذج الشمعي بعد عمل المصبات والدلاليك بأحد المسابك المتخصصة في سباكة الـشمع المفقود .

5- لوحظ بعد الانتهاء من عملية السباكة ظهور مشكلة من مشاكل السباكة وهي ا يـار في الجـزء العلوي من القالب الحراري مما أدى إلى وجود زوائد في الصب غيرت قليلاً من شكل الجفن العلـوي للعين .

6- لون العمل كيميائياً باستخدام نفس التركيبة التي ذكرت في صـ 129 والتي نتج عنها لـون بـني غامق .

7- مسح النموذج البرونزي بعدها بقطعة سلك معدني بحركة دائرية للكشف عن الأجزاء البارزة منـه لتظهر كما في شكل (132 _ ب) .



شكل (132 _ أ)

يوضح مراحل بناء النموذج الشمعي " **العين** "



شكل (132 _ ب)
يوضح النموذج " **العين** " بعد إ ائه وتلوينه كيميائياً

ا سم الثاني :

ويطلق عليه " المحرم " نفذت من خامة البرونز ، أبعادها 6 × 4سم وارتفاعها 17سم .

خطوات تنفيذ العمل البرونزي ا سم (المحرم) :

1- تقوم فكرة العمل على تصور ثوب الإحرام .

2- تشكيل النموذج الشمعي مباشرةً بعد بناء الهيكل الأساسي ، وذلك بالتأكيد على التفاصيل لثوب الإحرام باستخدام الضفر وهي ساخنة للتشكيل السريع على سطح الكتلة الشمعية ، وبالحذف المباشـر بالأداة الكهربائية ليظهر النموذج الشمعي كما في شكل (133 _ أ) .

3- سبك النموذج بعد عمل المصبات والدلاليك في مسبك متخصص في سباكة الشمع المفقود .

4- لون العمل البرونزي باستخدام التركيبة التي ذكرت في صـ 191 بنسب متفاوتة للحصول علـى لون بني محمر متدرج للون الأخضر الفاتح والغامق .

5- مسح بعدها سطح القطعة البرونزية بقطعة سلك معدني للكشف عن بعض الأجـزاء لتظهـر في صور ا النهائية كما في شكل (133 _ ب) .



شكل (133 _ أ)
يوضح النموذج الشمعي
" المحرم " جاهزاً لسبكة



شكل (133 _ ب)
يوضح النموذج البرونزي
" المحرم " بعد تلوين سطحه كيميائياً ، كما تظهر الدقة في السباكة حيث تطابق النموذج البرونزي بنفس تفاصيل النموذج الشمعي

ا سم الثالث :

ويطلق عليه " تأمل " نفذ في خامة البرونز ، أبعاده 9 × 6سم وارتفاعها 8.5سم .

خطوات تنفيذ العمل البرونزي ا سم (تأمل) :

1- تشكيل ا سم مباشرةً باستخدام شرائح الشمع التي تم وصلها وتركيبها فـوق بعـضها الـبعض باستخدام آلة اللحام الكهربائية (الكاوية) .

2- تنعيم السطح بالكاوية ليظهر كما في شكل (134 _ أ) .

3- سبك ا سم في مسبك متخصص يقوم بتنفيذ سباكة الشمع المفقود .

4- لون العمل البرونزي كيميائياً باستخدام التركيبة التي ذكرت في صـ 191 التي نتج عنها لون بـني محمر .

5- استخدم بعدها قطعة سلك معدنية بحركة دائرية على السطح أظهرت نتيجتها بعض الأجزاء لامعة كما في شكل (134 _ ب) .



شكل (134 _ أ)

يوضح النموذج الشمعي " **تأمل** " من زوايا مختلفة



شكل (134 _ ب)

يوضح النموذج البرونزي " **تأمل** " بعد سباكته ومعالجة سطحه بالتلوين الكيميائي

ا سم الرابع :

ويطلق عليه " أمومة 1 " نفذت في خامة البرونز ، أبعادها 6 × 7سم وارتفاعها 7سم .

خطوات تنفيذ العمل البرونزي ا سم (أمومة 1) :

1- شكل النموذج الشمعي مباشرةً باستخدام شرائح الشمع التي جمعت مع بعضها البعض باستخدام آلة اللحام الكهربائية (الكاوية) .

2- استخدمت الكاوية الكهربائية في حذف وإضافة بعض الأجزاء في ا سم الشمعي والتأكيد على أجزاء آخرى منه , ويظهر النموذج الشمعي كما في شكل (135 _ أ) .

3- سبك النموذج في مسابك خاصة بسباكة الشمع المفقود بعد عمل المصبات والدلاليك .

4- لون النموذج البرونزي كيميائياً باستخدام نفس المحلول للتجربة السابقة .

5- مسح العمل بقطعة سلك معدنيه كشفت عن بعض الأجزاء ليظهر شكل العمل كمـا في شـكل (135 _ ب) .



شكل (153 ـ أ)

يوضح النمزذج الشمعي " **أمومة 1** " جاهزاً لسباكته



شكل (135 _ ب)

يوضح النمزذج الشمعي " **أمومة 1** " جاهزاً بعد سباكته

ا سم الخامس :

ويطلق عليه " أمومة 2 " نفذت في خامة البرونز ، يتكون هذا العمل من ثلاث قطـع ، تتـراوح أبعادها 3.5سم وإرتفاعها 9سم ثبتت الثلاث القطع على قاعدة واحدة .

خطوات تنفيذ العمل البرونزي ا سم (أمومة 2) :

1- عمل تصور مقترح للشكل .

2- تشكيل قطع ا سم مباشرةً بالشمع ، بحيث شكلت كل قطعة على حدة .

3- التأكيد على بعض المناطق وحذف بعض الأجزاء من الشمع في مناطق آخرى ، وتم ذلك باستخدام ألة اللحام الكهربائية شكل (136 _ أ) .

4- سبكت تلك النماذج الشمعية الثلاثة في مسبك متخصص في سباكة الشمع المفقود .

5- لون ذلك التشكيل البرونزي _ القطع الثلاثة _ كيميائياً بنفس المحلـول الكيميـائي للقطعـتين السابقتين .

6- مسح سطح كل قطعة من تلك القطع الثلاثة بسلك معدني كشف عن بريق المعـدن في المنـاطق البارزة أما المناطق الغائرة فبقيت بلون البتين شكل (136 _ ب) .



شكل (136 _ أ)

يوضح النموذج الشمعي " **أمومة 2** " جاهزه لسباكتها



شكل (136 _ ب)

يوضح النموذج البرونزي **" أمومة 2 "** بعد سبكه وتبتينه ، وقد ثبتت تلك القطع الثلاثة مع بعضها البعض على قاعدة واحدة

ا سم السادس :

" جزع وامراة وسمكة " نفذت في خامة البرونز ، أبعادها 2.5 × 2.5سم وارتفاعها 14.5سم .

خطوات تنفيذ العمل البرونزي ا سم (جزع وإمراة وسمكة) :

1- رسم تصميم للشكل المقترح .

2- شكل النموذج الشمعي بعمل الكتلة الأساسية في العمل التي تمثل الجزع بالتشكيل المباشـر الحـر باليد .

3- أجري التدخل بالأدوات والضفر بعد تسخينها على اللهب ليسهل إزالة الشمع من المناطق المطلوب تخليص أجزاء شمعية منها ، كما استخدمت الكاوية الكهربائية في مناطق آخرى فأعطت بدورها ملامس مختلفة أضافت قيمة فنية وجمالية للعمـل فظهـر النمـوذج الـشمعي جـاهزاً لـسباكته كمـا في شكل (137 _ أ) .

4- سبك النموذج الشمعي في مسبك متخصص بسباكة الشمع المفقود .

5- غمر العمل البرونزي في المحلول الكيميائي السابق والذي أعطى لون بتين بني محمر .

6- مسح العمل بعد نشله من المحلول بقطعة سلك معدنية أظهرت الأجزاء البارزة بلون المعدن البرونزي اللامع كما في شكل (137 _ ب) .

شكل (137 _ أ)

يوضح النموذج الشمعي " **جزع وامراة وسمكة** " بعد إ ائه وتطبيق الملامس المختلفة على سطحه حيث يظهر جاهزاً لسباكته



شكل (137_ د)

يوضح النموذج البرونزي " **جزع وامراة وسمكة** " بعد سباكته وتلوينه كيميائياً

ا سم السابع :

ويطلق عليه " **الحمام** " نفذ في خامة البرونز ، تبلغ أبعاد الحمامة الأولى 3 × 2.5 × 11سم وأبعاد الحمامة الثانية 3.5 × 2.5 × 11سم ، وأبعاد الحمامة الثالثة 2.5 × 1.5 × 6سم ، والقطعة الرابعة كروية يبلغ قطرها 1سم .

ثبت الحمام الثلاثة بارتكاز اجنحتها مع بعضها البعض وثبتت الكرة في منتـصف الفـراغ المحـصور بالأجنحة .

خطوات تنفيذ العمل البرونزي ا سم (الحمام) :

1- رسم تصور مقترح لاوضاع مختلفة للحمام .

2- تشكيل كل قطعة منفردة عن الأخرى ، حيث تم بناء الشكل بوصل الشرائح الشمعية مع بعـضها البعض ثم لحامها بآلة اللحام الكهربائية (الكاوية) .

3- نفذت الملامس على سطح كل قطعة من تلك القطع الثلاثة باستخدام الكاوية وتظهـر النمـاذج الشمعية جاهزة لسباكتها كما في شكل (138 _ أ) .

4- سبكت النماذج بعد عمل المصبات والدلاليك .

5- بعد إجراء عملية سباكتها تم تلوينها في المحلول الكيميائي الذي ذكرت تركيبتـه في صـ 193 والذي نتج عنه بتين بني مائل للأسود .

6- استخدمت قطعة سلك معدنية بحركة دائرية على السطح للكشف عن المناطق البارزة ليظهر لـون المعدن اللامع وتأكد المناطق الغائرة ببقاء لون البتين فيها .

7- لحمت القطعتان مع بعضها البعض في منطقة الجناحين (الأطراف) أما القطعة الثالثة فثبتت فـوق أحد جناحي الحمامة الثانية ، وثبتت الكرة في الفراغ الذي يتوسط الحمامة الأولى والثانية ، ويظهـر في شكل (138 _ ب) النموذج البرونزي متكاملاً .

شكل (138 _ أ)
يوضح قطع النموذج الشمعي
" **الحمام** " بعد تشكيل كل
قطعها منفصله
(قبل سباكتها)



شكل (138 _ ب)

يوضح النموذج البرونزي " **الحمام** " بعد سباكته تم لحام القطع مع بعضها البعض بالوتد

ا سم الثامن :

ويطلق عليه " التحدى " نفذ في خامة البرونز ، أبعادها 3 × 4سم وارتفاعها 9سم .

خطوات تنفيذ العمل البرونزي ا سم (التحدى) :

1- رسم تصميم لتصور شكل النموذج .

2- تشكيل ا سم مباشرةً باليد ، ثم بتدخل الأدوات , للتأكيد على إبراز التشكيل المطلوب ونتفيـذه على طبقات باستخدام آلة اللحام الكهربائية (الكاوية) .

3- شكل (139 _ أ) أصبح النموذج الشمعي جاهزاً لسبكه .

4- تم سباكة النموذج بأستخدام تقنية الشمع المفقود في مسبك متخصص بأجراء تلك العملية وذلـك بعد عمل المصبات والدلاليك .

5- لون العمل كيميائياً بنفس البتين الذي استخدم لتلوين العين والذي يميـل لونـة للـبني الغـامق شكل (139 _ ب) .



شكل (139 _ أ)

يوضح النموذج الشمعي " **التحدى** " جاهزاً لسبكه



شكل (139_ ب)

يوضح النموذج " **التحدى** " بعد سباكته وتلوينه وتظهر نفس التفاصيل بدقة بعد

ا سم التاسع :

ويطلق عليه " موديل 1 " نفذ في خامة البرونز ، أبعادها 5 × 1.5سم وإرتفاعها 15سم .

خطوات تنفيذ العمل البرونزي ا سم (موديل 1) :

1- نفذ النموذج البرونزي مباشرةً باشتخدام الشمع .

2- بعد تشكيل الفورم الأساسي وضعت اللمسات التي أكدت فيها على بعض المناطق وحذف منـها الشمع في بعض مناطق آخرى ، كما استخدمت الكاوية الكهربائية لعمل اللمسات الإضـافية علـى القماش للنموذج الشمعي كما في شكل (140 _ أ) ، ثم تم عمل المصبات والدلاليك .

3- تم سباكة النموذج في مسبك متخصص بسباكة الشمع المفقثود .

4- بعد إ اء السباكة وتنظيف السطح البرونزي طبقت معالجة التلـوين الكيميـائي علـى الـسطح باستخدام تقنية الغمر في المحلول الكيميائي بنفس البتين الذي طبق على التجربة السابقة الحمام والـذي يميل لونه للبني المائل للأسود شكل (140 _ ب) .



شكل (140 _ أ)

يوضح النموذج الشمعي " **موديل 1** " جاهزاً لسباكه



شكل (140 _ ب)

يوضح النموذج " **موديل 1** " بعد سبكه وتبتينه

ا سم العاشر :

ويطلق عليه " موديل 2 " نفذ في خامة البرونز ، أبعاده 5 × 3سم وإرتفاعه 18سم .

خطوات تنفيذ العمل البرونزي ا سم (موديل 2) :

1- رسم تصور للموديل .

2- بناء ا سم الشمعي باستخدام شرائح الشمع ولحمها فوق بعضها البعض باستخدام آلـة اللحـام لكهربائية (الكاوية) .

3- استكمال التفاصيل على سطح النموذج الشمعي ، والتأكيد على بعض المناطق وحذف كتل مـن الشمع في مناطق أخرى من النموذج باستخدام الضفرة ساخنة ، ويظهر النموذج الـشمعي جـاهزاً لسبكة كما في شكل (141 _ أ) .

4- سبك النموذج الشمعي بعد إعداد المصبات والدلاليك في مسبك متخـصص بـسباكة الـشمع المفقود .

5- غمر العمل في محلول كيميائي ذكرت تركيبته في صـ 193 , نتج عنه بتين رمادي غامق ويظهـر النموذج متكاملاً كما في شكل (141 _ ب) .



شكل (141 _ أ)

يوضح النموذج الشمعي" **موديل 2** " جاهزاً لسبكه



شكل (141 _ ب)

يوضح النموذج " **موديل 2** " بعد سبكه وتبتينه

ا لمجسم الحادي عشر :

ويطلق عليه " الحماية " نفذ في خامة البرونز ، يأخذ ا لمجسم الشكل الدائري الذي يبلغ قطرة 9سم وعرضها 2.5سم .

خطوات تنفيذ العمل البرونزي ا لمجسم (الحماية) :

1- رسم تصميم لتصور فكرة ا لمجسم .

2- تنفيذ النموذج الشمعي باستخدام شرائح الشمع وتشكيلها حرة باليد باستخدام شـرائح الـشمع ولحمها مع بعضها البعض بالكاوية إلى الإنتهاء من تشكيل الحلقة الدائرية الشمعية المفرغة من الداخل .

3- شكل هيكل لطفل لحم بعد تشكيله بوسط الحلقة الدائرية باسـتخدام آلـة اللحـام الكهربائيـة (الكاوية) حيث ظهر النموذج الشمعي كما في شكل (142 _ أ) .

4- سبك النموذج الشمعي في مسبك خاص بسباكة الشمع المفقود ، وذلك بعد أن عملت المـصبات والدلاليك .

5- لون العمل بنفس البتين المستخدم في تلوين " العين " و " تحدي " لونه بني غامق .

6- مسح العمل بقطعة سلك معدني للكشف عن المناطق البارزة والتأكيد على المنطق الغائرة ليظهـر العمل كما في شكل (142 _ ب) .



شكل (142 _ أ)

يوضح النموذج الشمعي " **الحماية** " جاهزً لسباكه



شكل (142 _ ب)

ييوضح النموذج البرونزي " **الحماية** " بعد سباكته وتلوينه

ا سم الثاني عشر :

ويطلق عليه " توازن " نفذ في خامة البرونز ، أبعاده 9 × 1سم وارتفاعها 9سم .

خطوات تنفيذ العمل البرونزي ا سم (توازن) :

1- نفذ النموذج الشمعي مباشرةً بالتشكيل الحر باليد . حيث تم بناؤه عن طريق لحم الشرائح الشمعية فوق بعضها البعض بآلة اللحام الكهربائية (الكاوية) ، ثم تم تنعيم سطح النموذج الشمعي ليظهر كما في شكل (143 _ أ) .

2- عملت المصبات والدلاليك ثم تم سبك النموذج في مسبك متخصص بسباكة الشمع المفقود .

3- تم تلوين النموذج البرونزي باستخدام نفس التركيبة الكيميائية التي اسـتخدمت سـابقاً لتلـوين النماذج البرونزية " تأمل " و " أمومة " و" جزع وإمراة وسمكة " والتي أحضرت العمل البرونزي ببتين بني محمر كما يظهر لونه في شكل (143 _ ب) .



شكل (143 _ أ)

يوضح النموذج الشمعي " **توازن** " جاهزاً لسباكه



شكل (143 _ ب)

يوضح النموذج البرونزي " **توازن** " بعد معالجة سطحة وتلوينه كيميائياً

* **تعقيب** :

أن جميع تلك التجارب العملية التي قامت ا الباحثة باستخدام تقنيتي " سباكة الرمـل و" سـباكة الشمع المفقود " تم عزل سطحها بمادة عازلة (الشمع) لتحميها من أثر العوامل الجوية ، وتحافظ على لون البتين لفترة طويلة ليبقى كما هو دون تغير يطرأ عليه ، إضافةً إلى أن كل نموذج منها تم تثبيته على قاعدة مناسبة لشكل النموذج اختار ا الباحثة لتكون من الرخام لتظهر تلك التجـارب في إخراجهـا النهائي .



أولاً : النتائج

ثانيا : التوصيات

أولاً : النتائج :

من خلال ماتم التعرف عليه في المباحث سابقاً ، وما تم تطبيقه من تجارب عملية تختص بمجال سباكة تقنيتين الرمل والشمع المفقود خرج البحث بعدة نتائج أجملتها الباحثة في النقاط التالية :

1- التعرف على تقنيتين سباكة الرمل والشمع المفقود ، وطريقة سباكتها ، وتنفيذ القوالب والنماذج الخاصة بها .

2- إمكانية إعادة إستنساخ العمل الفني من خلال استخدام تقنية سباكة الرمل ، وعدم إمكانية إستنساخ الأعمال المنفذة بتقنية سباكة الشمع المفقود في حالة استخدام التشكيل المباشر بالشمع لأن النسخة الشمعية تفقد عند تحميص الدليك (القالب الحراري) .

3- تعتبر تقنية سباكة الشمع المفقود أكثر دقة في إظهار التفاصيل الصغيرة عن تقنية سباكة الرمل .

4- أهمية الوقوف على ما قد يواجة العمل الفني قبل أو بعد سباكته ومحاولة التغلب عليه .

5- فهم وإدراك عملية تقنيات السباكة تسهل على الفنان استخدامه لها ، كما أنه يفتح له مجالات جديدة للتعبير الفني والتشكيلي .

6- إمكانية تطبيق أكثر من طريقة لمعالجة سطح العمل الفني المسبوك مما يؤدي للحصول على حلول تشكيلية وملمسية جديدة ذات قيمة فنية وجمالية .

7- من خلال استخدام تقنيات السباكة (الرمل والشمع المفقود) تحققت مزايا فنية متعددة غير متاحة في أساليب التشكيل الآخرى .

8- بقاء العمل الفني في الوسط الحمضي فترة طويلة مع التحريك المستمر يؤدي إلى تعميق مستوى الحفر ، كما أن درجة حرارة المحلول الحامضي لها أثرها الفعال على مستوى الحفر .

9- أهمية عزل سطح العمل الفني بعد إجراء عمليات التشطيب المختلفة لمنع الرطوبة الزائدة أكسدة سطح العمل .

10- إمكانية توظيف عملية الصقل الشديد للمعدن مما يؤدي إلى سطح شديد النعومة واللمعان يعكس العناصر المحيطة بالعمل الفني مما يحدث معالجة سطحية متغيرة بشدة الأضاءة .

11- إمكانية الحصول على أعمال فنية ذات أحجام كبيرة من خلال تجميع قطع العمل بعد سباكة كل قطعة على حدة .

ثانياً : التوصيات :

في ضوء ما تقدم وماتوصل إليه البحث توصي الباحثة بما يلي :

1- الاهتمام بالسباكة الفنية وخاصةً سباكة الشمع المفقود لان أغلب المسابك تم بنوع واحـد مـن السباكة وهي سباكة الرمل ، أما سباكة الشمع المفقود فلا تتوفر مسابك خاصة تقـوم بإجرائهـا في المملكة العربية السعودية .

2- أن يتضمن قسم التربية الفنية ورشة أو معمل تتوفر ا مستلزمات هذا ا ال و يئتها للعمل والتطبيق الفني من قبل الطالبات .

3- الإهتمام بعقد دورات تدريبية تختص بمجال تشكيل المعادن تزيد من فاعلية الفن التشكيلي وتؤكد على تعدد مجالاته وتنوع الإنتاج الفني .

4- أن تتضمن الدراسات المستقبلية البحث في تقنية الطرد المركزي وخاصةً في مجال الحلي .

5- توصي الباحثة أن تم الدراسات البحثية بقسم التربية الفنية بالبحث في تقنية التشكيل بالترسـيب الكهربائي .

مراجع البحث

المراجع العربية :

أولاً : المعاجم والموسوعات:

1- **التكنولوجيا** (المجلد الثامن) . الشركة اللبنانية للموسوعات العالمية . الشركة الشرقية للمطبوعات . بيروت (1983م) .

2- **المعاجم التكنولوجية التخصصية " معجم مصطلحات الحديد والصلب "** . تصنيف محمد عبد العزيز خطاب ، وأنور محمود عبد الواحد . تقديم حسن مرعي . (د . ن) . (د . ت) .

3- **المعاجم التكنولوجية التخصصية " معجم مصطلحات الهندسة الكهربائية "** . تصنيف أحمد مختار شافعي . تقديم محمد فهيم صقر . (د . ن) . (د . ت) .

4- **المعاجم التكنولوجية التخصصية " معجم مصطلحات التكنولوجيا الكيميائية "** . تصنيف يحي مصطفى العجماوي ، وحسن محمود إسماعيل . تقديم حسن مرعي . (د . ن) . (د . ت) .

5- **معجم المصطلحات التكنولوجية الأساسية** . تصنيف حماد يوسف حماد . وآخرون . تقديم حسن مرعي . (د . ن) . (د . ت) .

6- **المعجم اللغوي " مجموعة المصطلحات العلمية والفنية التي أقرها المجمع "**. (المجلد الخامس عشر) . الطبعة الأميرية (1973م) .

7- **الموسوعة العربية العالمية** . تعريب تيرا دل فيوجو . (المجلد السابع) الطبعة الثانية . مؤسسة أعمال الموسوعة للنشر والتوزيع . (د . ت) .

8- **معجم لسان العرب** . ابن منظور . الطبعة الرابعة . الجزء السادس عشر . دار إحياء التراث الأسلامي العربي . (د . ت) .

ثانياً : الكتب والدراسات والمجلات العلمية :

1- القرآن الكريم .

2- الجزائري ، أبو بكر . **أيسر التفاسير لكلام العلي الكبير** . مكتبة العلوم والحكم . المدينة المنورة . المجلد الرابع . الطبعة الثالثة (1997م) .

3- الخطيب ، أحمد محمد ، وأيوب ، السيد خالد . **طرق التصنيع والعمليات " عمليات التشكيل "**. جامعة الموصل . العراق (د . ت) .

4- الدهشان ، محمد عز . (أ) . **الفلزات غير الحديدية وسبائكها**. النشر والمطابع . جامعة الملـك سعود بالرياض . الطبعة الأولى (1997م) .
5- الدهشان ، محمد عز . (ب) . **الفلزات الخفيفة وسبائكها**. النشر والمطابع . جامعة الملك سعود بالرياض . الطبعة الأولى (1997م) .
6- الدهشان ، محمد عز . **الحديد والفولاذ " الإتزان الحراري وسبائكها "**. النشر والمطابع . جامعة الملك سعود بالرياض . الطبعة الأولى (1998م) .
7- الزوكة ، محمد خميس . **جغرافية المعادن والصناعة** . دار الجامعات المـصرية . الطبعـة الثانيـة (د . ت) .
8- السيد ، عبد الرازق محمد . **أشغال المعادن والمينا** . مؤسسة حورس الدوليـة للنـشر والتوزيـع الإسكندرية ، ومؤسسة طيبة للنشر والتوزيع القاهرة . الطبعة الأولى (2001م) .
9- السيد ، عبد الرازق محمد . **سباكة الأعمال الفنية** . مؤسسة حورس الدولية للنـشر والتوزيـع الإسكندرية (2003م) .
10- الشال ، عبد الغني النبوي . **الخزف ومصطلحاته الفنية** . (د . ن) . (د . ت) .
11- الشيخ ، أبو القاسم مسعود . **أساسيات تقنية الورش وهندسة الإنتاج** . دار الكتـاب الجديـد المتحدة . بيروت _ لبنان . الطبعة الثانية (2000م) .
12- الصباغ ، أحمد سالم . **المتالورجيا الفيزيائية** . عالم الكتب (د . ن) . القاهرة (1973م) .
13- الصباغ ، أحمد سالم . **المدخل إلى هندسة الإنتاج** . عالم الكتب . القاهرة (1975م) .
14- القيسي ، باهرة عبد الستار أحمد . **معالجة وصيانة الآثار " دراسة ميدانية "** . المؤسسة العامـة للآثار والتراث . بغداد (1981م) .
15- المهدي ، عنايات . **فن أشغال المعادن والصياغة** . مكتبة ابن سينا . القاهرة (د . ت) .
16- أ . ماليشيف ، وج .نيكولاييف ، وي .شوفالوف . **تكنولوجيا المعادن** . ترجمة أنور الطويل . دار مير للطباعة والنشر . الأتحاد السوفيتي . طبعة ثانية منقحة (1973م) .
17- جاد ، نادية محمد عبد اللطيف . **" التشكيل بالألواح المعدنية في النحـت "** . (1986م) . رسالة دكتورة غير منشورة . كلية الفنون الجميلة _ جامعة حلوان بالإسكندرية .
18- جودي ، محمد حسين . **فنون وأشغال المعادن** . دار المسيرة . عمان – الأردن . الطبعـة الأولى (1996م) .

19- حسن ، منى فؤاد إسماعيل . **" تقنيات الطلاء والتشكيل بالترسيب الكهربائي واسـتخدامه في فن النحت "** . (2000م) رسالة ماجستير غير منشورة . كلية الفنون الجميلة _ جامعة الإسكندرية .

20- حلمي ، محمد عز الدين . **علم المعادن** . مكتبة الأنجلو المصرية . القاهرة (1961م) .

21- حمادة ، لطفي محمد علي . **" تلوين البرونز بالوسائل الكيميائية والعضوية "** . (1998م) . المؤتمر العلمي الثاني لكلية الفنون الجميلة _ جامعة الإسكندرية .

22- دكروب ، عبد الأمير . **" المعادن وأهميتها الإستراتيجية في العالم "** مجلة الفكـر الأسـتراتيجي العربي . مجلة فصلية تصدر عن معهد الإنماء العربي . لبنان _ بيروت . رئيس التحرير محمـد عزمـي . العدد 8 _ 9 (أكتوبر) (1983م) .

23- رآشد ، أحمد فؤاد , والميداني ، توفيق ، ومنصور ، محمد علي ، والمكي ، محمد يحي . **أسـس سبك المعادن** . مركز النشر العلمي جامعة الملك عبد العزيز . جدة . الطبعة الأولى (1999م) .

24- راشل ورد . **الأعمال المعدنية الإسلامية** . ترجمة ليديا البريدي . دار الكتاب العربي . دمشق . (1998م)

25- زهران ، محمد أحمد . **فنون أشغال المعادن والتحف** . مكتبـة الأنجلـو المـصرية . القـاهرة (1965م) .

26- سعد ، حامد جبريل . **" القيم التشكيلية في النحت بالمعادن "** . (1980م) . رسالة ماجستير غير منشورة . كلية الفنون الجميلة – جامعة حلوان بالإسكندرية .

27- شوشان ، سمير عبد اللطيف . **أثر التطور التكنولوجي والتـشكيلي علـى فـن الميـداليا** . (1988م) رسالة دكتورة غيرمنشورة . كلية الفنون الجميلة _ جامعة حلوان .

28- صالح ، سامي محمد أحمد . **سامي محمد والإنسانية** . (د . ن) الطبعة الأولى (1994م) .

29- طوبي ، سامي ، وعريان ، نظير . **الكيمياء العامة وغـير العـضوية " العناصـر اللافلزيـة الشائعة "** . مكتبة العريب . القاهرة (1978م) .

30- عبد الواحد ، أنور محمود . **طرق تشكيل المعادن** . عالم الكتـب . القـاهرة . الطبعـة الأولى (1967م) .

31- علام ، نعمت إسماعيل . **فنون الشرق الأوسط والعـالم القـديم** . دار المعـارف . القـاهرة (1980م) .

32- علام ، نعمت إسماعيل . **فنون الغرب في العـصور الحديثـة** . (د . ن) . الطبعـة الثالثـة (1983م) .
33- علي ، محمد علي . **الجميلة أسمها جدة** . دار العلم للطباعة والنـشر . جـدة . الطبعـة الأولى (1991م) .
34- غنيم ، صفيناز زكي . **المتحف المفتوح بجدة " وأثره على مستوى التذوق لدى طالبات المرحلة الثانوية "** . (1994م) رسالة ماجستير غير منشورة . كلية التربية قسم التربية الفنيـة _ جامعـة أم القرى .
35- فارسي ، محمد سعيد . **قصة الفن في جدة** . دار البلاد للطباعة والنشر . جدة . (1989م) .
36- فاسيليف . **المعادن والإنسان** . ترجمة أنور عبد الواحد . الهيئة المصرية العامة للتـأليف والنـشر (1970م) .
37- ف . بتراك . **تشكيل المعادن بدون قطع** . ترجمة حسن محمود إسماعيل ومحمد عبد الحميد نصار . (د . ن) . (د . ت) .
38- قدال ، كريم محمد عبد المعتال . **" تطور تقنية سباكة المعادن في فـن النحـت وأثـره علـى التشكيل "** . (1998م) رسالة ماجستير غير منشورة .كلية الفنون الجميلة _ جامعة الإسكندرية .
39- فقي ، محمد عبد القادر . **" المسلمون وعلم المعادن "** . مجلة الوعي الإسلامي . العـدد 342 . (يوليو) (1994م) .
40- منصور ، زينب أحمد. **" المعطيات اللونية للمينا كمدخل لإثراء المشغولة المعدنية لمعلم التربيـة الفنية "** . (1990م) رسالة ماجستير غير منشورة . جامعة حلوان _ كلية التربية الفنية .
41- هلال ، محمد أحمد . **" الأسس العلمية للتلوين الكيميائي لسبائك البرونز "** المجلـة المعماريـة العلمية _ فنون معمارية . جامعة الإسكندرية _ كلية الفنون الجميلة (2000م) .
42- نجيب ، رلا عصام . **تاريخ الفن الإسلامي** . دار المستقبل . عمان _ الأردن . (1997م) .

المراجع الأجنبية :

1- Jon W.Mills **. Encyclopedia Of Sculpture Techiques** . B . T . Batsford Ltd . London (1990) .
2- Richard Huges & Michael Row . **The Colouring Bronzing And Patination Of Metals** . London (1993) .

3- Steve Hurst . **Metal Casting "Appropriate Technolgy in The Small Foundry "** Intermdiate Technollogy Publication . London (1996) .



1- http://www.bucovine.com/fr/pages/culture/brancousi.shtml

2- /http://aftenie.com

3-http://www.collectorsguide.com/fa/fa023.shtml

4- http://www.moma.org/exhibitions//giacometti/start/goflash 2001 .html

5-http://univers-art.arabfunart.com/scalipchar.html

6- http://www.tehranmoca.com/cgibin/tmcasrv.exe?filename =SCULPTURE&item=GIACOMETTI

7- http://www.tehranmoca.com/cgi-bin/tmcasrv.exe?filename=SCULPTURE&item=POMODORO

8- http://www.tehranmoca.com/cgi-bin/tmcasrv.exe?filename=SCULPTURE&item=MOORE

9-www.iraqatist.com

10-http://www.sculpture.uk.com/eduardo_paolozzi.htm

11-http://www.sculpture.uk.com/kenneth_armitage.htm

12-http://www.sculpture.uk.com/elisabeth_frink.htm

13-http://www.sculpture.uk.com/gary_breeze.htm

14- www.altshkeely.com/2005/kuwait2005/s_mohammed.htm

15-www.inclraq.com

16-www.azzaman.com

17- http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/b/Bronze.sculpture pix. jpg750.arp.1.richard

18- http://www.nationalgalleries.org/collections/artist_search 20%Eduardo20%&initial=P&artistName=Sir3804.php?artistId= Paolozzi

19-http://www.tate.org.uk/servlet/ViewWork?
8344&searchid=11336&workid=999999961-cgroupid=
20-http://www.iraqiartist.com/Archive/Jewad_Selim/
Jewad_Selim.htm
21- http://translate.google.com/translate?hl
=en&sl=fr&u=http://ecole.inr.free.fr/philatelie/brancusi.html&pre
v=/search3%Fq3%DBRANCOUSI26%hl3%Den26%lr3%D26%saf
e3%Dactive
22-http://cgi.ebay.com/france-2006-art-sculture-joint-issue-
romaniabrancousi_W0QQitemZ150043674369QQihZ005QQcate
goryZ139786QQcmdZViewItem#ShippingPayment
23-http://topart2000.blogspot.com/2005_08_07_topart2000_
archive.html